# das elektron

ELEKTRO- UND RADIOTECHNISCHE MONATSHEFTE

Eigentümer, Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Ing. H. Kirnbauer, Urfahr, Reindlstraße 10, Telefon 286
Verleger, Generalvertrieb für In- und Ausland: Hausruckverlag Gustaf Adolf J. Neumann, Linz a. d. Donau, Landstraße 9, Tel. 21450

HEFT 4/5 JAHRGANG 1947

INHALTSVERZEICHNIS



BEZUGSBEDINGUNGEN:

Einzelheft S 1,50

Abonnement: 1/2 Jahr S 8,50 und 30 g Porto, 1 Jahr S 16,— und 50 g Porto

Bestellungen sind an den Generalvertrieb für Österreich und das Ausland, Hausruckverlag Gustaf Adolf J. Neumann, Linz a. d. Donau, Landstraße 9, zu richten

# Der Leser gestaltet SEINE Zeitung

Wenn Sie, lieber Leser, „das elektron" in Ihre Hände bekommen, so beginnen Sie sicherlich damit, es Seite für Seite durchzublättern, die Ueberschriften der einzelnen Aufsätze zu überfliegen und sich so schon einen ungefähren Ueberblick über den Gesamtinhalt zu machen. Einzelne Artikel sprechen Sie besonders an, sie erregen Ihre Aufmerksamkeit und feuern Ihren Wissendurst an. Andere Aufsätze interessieren Sie weniger und einige, hoffentlich sind es nicht viele, überhaupt nicht. Sie, lieber Leser, haben wahrscheinlich schon das ganze vorliegende Heft 4/5, eine wirkliche Doppelnummer, durchgearbeitet oder zumindest durchgeblättert. Das Heft bringt einen Querschnitt durch alle Gebiete der Elektro- und Radiotechnik und wir hoffen, Sie damit zufriedengestellt zu haben. Was interessiert Sie nun aber besonders? Welche Artikel haben Ihnen in Ihrer Arbeit am meisten geholfen? Das zu erfahren ist für uns wichtig.

Wenn wir „das elektron" zusammenstellen, so häufen sich auf unseren Schreibtischen die Manuskripte und Schaltungen, die Bilder und Anregungen und es gehört wirkliches Spitzengefühl dazu, gerade die Arbeiten, die Sie, lieber Leser, am meisten interessieren, auszuwählen. Es wäre ja möglich — nichts leichter als das — in unzähligen Fortsetzungen streng wissenschaftliche Aufsätze mit unzähligen mathematischen Formeln zu bringen, die nur einem ganz beschränkten Kreis von Fachgelehrten etwas sagen. Aber wäre das unsere Aufgabe, wäre „Ihnen" damit gedient? Wir glauben, das verneinen zu können. „das elektron" will wirklich „Ihre" Fachzeitschrift sein. Nicht nüchtern und trocken, sondern lebendig, interessant und dabei doch wissenschaftlich einwandfrei, lehrreich und helfend.

Wir wissen genau, daß unsere Zeitschrift heute noch lange nicht so ist, wie wir sie uns vorstellen. Die Schwierigkeiten sind ungeheuer und der Außenstehende kann sich wirklich davon kaum einen Begriff machen. Unser Bestreben ist es aber, mit jeder Nummer besser zu werden und mehr zu bieten. So bringen wir ab Heft 6 laufend in jeder Folge zwei gut ausgearbeitete und ausführlich erläuterte Bauanleitungen. Die auf Seite 73 befindliche Fragekarte (haben Sie keine Angst, hier können Sie nicht wegen falscher Ausfüllung mit dem Gesetz in Konflikt kommen) soll uns über Ihre Wünsche und Einstellung zu unserer Zeitschrift unterrichten.

Nur die Zusammenarbeit zwischen Leser und technicher Redaktion kann unsere Zeitschrift auf die Höhe führen, die wir beabsichtigen, die leider aber noch in weiter Zukunft liegt. Kritisieren Sie uns nur ruhig, sagen Sie uns Ihre ungeschminkte Meinung, denn „das elektron" will nicht nur verkauft und gelesen werden, es will der wirkliche Freund und Helfer aller an der Elektro- und Radiotechnik interessierten Kreise sein und auch für immer bleiben.

# Aufbau der Materie und Atomenergie

## 1 g Masse = 25 Millionen Kilowattstunden

Vor einiger Zeit konnten wir das 50jährige Jubiläum einer Entdeckung begehen, die für die ganze Welt zu unabsehbaren Konsequenzen geführt hat. Im Jahre 1896 bemerkte der französische Physiker Henri Becquerel, daß Uransalze unsichtbare Strahlen aussenden, die ähnliche Wirkungen zeigen, wie die von Röntgen ein Jahr früher gefundenen und nach ihm benannten Röntgenstrahlen. Mit dieser damals ganz unerklärlichen Entdeckung setzte ein neues Zeitalter der wissenschaftlichen Forschung ein. Das Ehepaar Curie isolierte das Radium und wies damit nach, daß es Atome gibt, die unter ungeheurer Energieabgabe von selbst zerfallen.

Damit verlor die von dem griechischen Philosophen Demokrit im hohen Altertum festgelegte Lehre ihren Sinn, wonach alle Stoffe aus arteigenen, kleinsten, unveränderlichen, nicht weiter teilbaren Bestandteilen, den Atomen (Atom: griechisch das Unteilbare) bestehen. Allerdings hatte Prout schon 1815 den Gedanken geäußert, alle Atomarten seien aus den leichtesten Atomen, nämlich jenen des Wasserstoffs, zusammengesetzt. Aber erst jetzt war der Forschung der Schlüssel in die Hand gegeben, den inneren Aufbau der Materie zu ergründen. Schlag auf Schlag folgten nun die Entdeckungen aufeinander. Sie kamen von verschiedenen Seiten und ergänzten einander auf erstaunliche Weise. Gleichzeitig wurden jedoch die alten, so anschaulichen Begriffe immer undeutlicher. An Stelle der bildhaften Darstellung trat immer mehr die mathematische Formel. Mit dem Werden der modernen Atomphysik haben wir ein Gebiet betreten, in welchem unsere altgewohnten, sogar in der Sprache verankerten Anschauungen und Gesetze nicht mehr gelten. Wir vergessen allzu leicht, daß unsere Ausdrucksweise, auch wenn wir von abstrakten Begriffen sprechen, allzu sehr auf grobsinnlichen Vorstellungen beruht. Leiten sich doch Worte wie „Anschauung" vom Gesichtssinn, „Begriff" und „begreifen" vom Tastsinn her!

Wenn wir in das Reich der Atome eindringen, da verschwindet alles Vorstellbare. Selbst die Gesetze der Kausalität verlieren ihre Bedeutung und werden durch statistische Gesetze ersetzt. Wir können nichts mehr unmittelbar sehen, sondern nur mehr Wirkungen feststellen. Da aber der Mensch den unstillbaren Drang hat, alles mit seinen Sinnen zu erfassen, so machen wir uns auf Grund unserer Beobachtungen „Modelle", die zeigen, wie wir uns die Welt der Atome mit ihren Bausteinen vorstellen können.

Wie jedes Modell sind auch unsere Vorstellungen vom Atom ungenau und vereinfacht. Sie geben uns aber die einzige Möglichkeit, ein recht anschauliches Bild vom Aufbau der Materie zu gewinnen, und sie haben sich auch für die weitere Forschung als sehr fruchtbar erwiesen. Auf alle diese Probleme einzugehen, wie etwa auf die unabsehbaren Konsequenzen der Quantentheorie und der Wellenmechanik, müssen wir uns versagen. Wir wollen uns damit begnügen, ein allgemeines Bild vom Wesen der Atome und von ihrem Kräftehaushalt auf Grund unserer gegenwärtigen Kenntnisse zu entwerfen.

### Das Atom, ein Planetensystem.

Wie denken wir uns heute die Zusammensetzung eines Atoms? Rutherford und Niels Bohr haben schon im Jahre 1911 den inneren Aufbau der Atome mit einem Planetensystem verglichen und damit viele früher unerklärliche Erscheinungen gedeutet, wenn auch dieser Vergleich nur sehr bedingt richtig ist. Tatsächlich können wir annehmen, daß um einen schweren, positiv elektrisch geladenen Kern in weiten Abständen negativ geladene Elektronen kreisen, ähnlich wie Planeten um eine Zentralsonne.

So wie die Sternsysteme im Weltenraum, besteht auch das Atom vorwiegend aus leerem Raum. Der Durchmesser eines Atoms beträgt rund $10^{-8}$ cm *), der seines zentralen Kernes jedoch nur $10^{-12}$ bis $10^{-13}$ cm.

Würden wir uns einen Atomkern in der Größe des Parlamentes in Wien vorstellen und diesen in den Mittelpunkt unseres Erdballes verlegen, dann würden die Elektronen wie winzige Erbsen ihre Bahn etwa die Erdoberfläche entlang ziehen! Oder wäre unsere Sonne der Kern eines Wasserstoffatoms, so würde sie von einem Elektron etwa in der Entfernung den weitesten Planeten, des Pluto, umkreist.

### Die Elektronenhülle.

Die Erforschung der Elektronenhülle, die den Atomkern umgibt, hat verhältnismäßig bald zu gesicherten Ergebnissen geführt. Wir wissen, daß das Elektron die kleinste Elektrizitätsmenge vorstellt. Es hat die unveränderliche negative Ladung von $4{,}77 : 10^{10}$ elektrostatischen Einheiten, seine Masse ist äußerst gering und beläuft sich auf $904 : 10^{30}$ gr. Das einfachste Element, der Wasserstoff, besitzt Atome, die nur ein einziges Hüllenelektron aufweisen. Mit dem zunehmenden Atomgewicht nimmt auch die Zahl der Elektronen zu, die im periodischen System von 1 beim Wasserstoff bis 92 beim Uran anwachsen. Die Zahl der Hüllenelektronen entspricht der Ordnungszahl im periodischen System der Elemente.

Dabei ordnen sich die Elektronen mit dem wachsenden Atomgewicht der Elemente in mehreren, in immer größerer Distanz vom Atomkern liegenden Schalen an, die man mit den Buchstaben K bis Q bezeichnet. Die erste dieser Schalen K kann 2 Elektronen, die zweite und dritte Schale L und M je 8 Elektronen, die vierte und fünfte Schale N und O je 18 Elektronen und die sechste Schale P 32 Elektronen aufnehmen. Die siebente Schale Q ist nicht voll besetzt, da das Atomgewicht der auf der Erde vorkommenden natürlichen Elemente 92 nicht überschreitet. Den Aufbau einiger solcher Atome zeigt unsere Abbildung 1.

Jedes Hüllenelektron kann den Kern nur in ganz bestimmten Bahnen umlaufen, in denen es eine ganz bestimmte Energie beibehält. Wird ihm durch Wärme oder Bestrahlung Energie zugeführt, dann gerät es in

*) Zur Vereinfachung der Schreibweise werden Zahlen nach dem folgenden Schema in Potenzen *angegeben, was besonders bei sehr großen und sehr kleinen* Zahlen vorteilhaft ist: $10^3 = 1000$; $10^2 = 100$; $10^1 = 10$; $10^0 = 1$; $10^{-1} = 0{,}1$; $10^{-2} = 0{,}01$; $10^{-3} = 0{,}001$ usw.

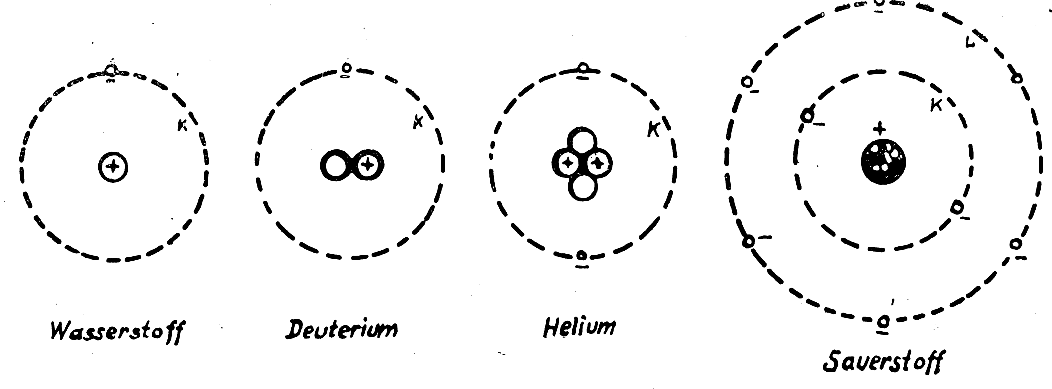



Abbildung 1: Der Aufbau einiger Atome

ein anderes Niveau, das es aber rasch wieder verläßt, um in die ursprüngliche Bahn zurückzufallen, wobei es die aufgenommene Energie als Lichtquant wieder abstrahlt. Die in den äußeren Schalen liegenden Elektronen lassen sich leicht abspalten oder es werden auch freie Elektronen aufgefangen, wodurch sich die elektrische Ladung des Atoms entsprechend ändert. Man bezeichnet ein solches Atom als Ion. Doch sind solche Atome bestrebt, ihren ursprünglichen, elektrisch ausgeglichenen Zustand wieder durch Aufnahme bzw. Abstoßen von Elektronen herzustellen.

Sämtliche chemischen Vorgänge spielen sich in der Elektronenhülle ab. Der ungeheure Reichtum aller chemischen Verbindungen entsteht dadurch, daß sich zwischen verschieden gebauten Atomen, deren äußere Elektronenschalen nicht voll besetzt sind, heftige Anziehungskräfte bemerkbar machen, die nur auf sehr kurze Distanz wirken und als Valenzkräfte bezeichnet werden. Sie erreichen im Atom etwa 1 bis 10 eV **) und führen zur engen Verkettung der Atome verschiedener Elemente zu Molekülen chemischer Verbindungen, wie die Abbildung 2 an einem Beispiel zeigt.

Elemente, deren Elektronenschalen voll besetzt sind, bleiben chemisch träge; sie sind unfähig zu chemischen Verbindungen. Man bezeichnet sie als Edelgase. Das in Abbildung 1 dargestellte Helium ist ein Beispiel dafür.

### Der Aufbau des Atomkerns.

Während der Mechanismus der Atomhülle weitgehend geklärt ist, so daß der Chemiker heute imstande ist, bei neu herzustellenden chemischen Verbindungen alle wichtigen physikalischen Eigenschaften im voraus festzustellen, ist der Aufbau des Atomkerns bisher noch nicht restlos erforscht, obwohl wir uns schon ein recht gutes Bild über seine Struktur machen können.

Jeder Atomkern besteht vorerst aus Protonen, winzigen Elementarbausteinen der Materie, deren Masse jene des Elektrons um das 1830fache übertrifft. Sein Gewicht beträgt $1{,}672 \cdot 10^{-24}$ gr. oder in Massen-Einheiten 1,00785.

Das Proton ist der Kern des Wasserstoffatoms, so daß Prout tatsächlich in gewissem Maße recht hatte, als er das Wasserstoffatom als ursprünglichen Baustein der Materie bezeichnete. Der Name „Proton" (der „Erste") soll dies versinnbildlichen.

Das Proton hat trotz seiner viel größeren Masse die gleiche elektrostatische Ladung wie das Elektron, jedoch mit positivem Vorzeichen. Protonen und Elektronen ziehen einander an und diese Coulombschen Kräfte halten das Gefüge der Atomhülle mit ihren negativen Elektronen zusammen. Die Zahl der positiven Protonen im Kern stimmt deshalb immer mit der Zahl der negativen Elektronen in der Hülle überein, und da sich ihre Ladung gegenseitig aufwiegt, erscheint das Atom nach außen unelektrisch.

Neben den Protonen gibt es im Atomkern — ausgenommen beim leichten Wasserstoffatom — noch einen zweiten Kernbaustein, das Neutron, dessen Masse etwas höher ist als beim Proton, nämlich 1,0089 Masseneinheiten. Wegen seines elektrisch neutralen Zustandes wird es von den elektrischen Kräften der Hüllenelektronen und Kernprotonen weder angezogen noch abgestoßen. Es durchdringt daher die Atomhüllen ohne Schwierigkeit und dies ist auch ein Grund, weshalb es sich leicht an Atomkerne anlagert. Wir werden noch sehen, wie man diese Eigenschaft bei der Umwandlung der Elemente verwendet. Im freien Zustand kann das Neutron nicht bestehen, sondern es verwandelt sich in ein Proton und ein Elektron.

Aus den positiven Protonen und nichtelektrischen Neutronen bauen sich demnach sämtliche Atomkerne auf. Der Energiehaushalt im Innern des Atomkerns gestattet jedoch immer nur den Zusammentritt einer gewissen Anzahl von Protonen und Neutronen in bestimmten Verhältnissen. Wird dieses Verhältnis gestört, so zerfällt das Atom und verwandelt sich in andere Elemente. Es ist aber in den meisten Fällen möglich, daß zu einer bestimmten Zahl von Protonen im Atomkern sich eine etwas größere oder kleinere Anzahl von Neutronen gesellen kann. Solche Atome unterscheiden sich wohl, je nach der Zahl ihrer Neutronen, im Atomgewicht, nicht aber in ihrem chemischen Verhalten, denn die positive Kernladung ihrer Protonen bleibt unverändert und damit auch die Anzahl der in der Hülle festgehaltenen negativen Elektronen, die das chemische Verhalten des betreffenden Atoms bestimmen. Man nennt solche verschieden schwere, aber chemisch identische Elemente Isotope. Schon der leichteste Atomkern, das Proton den „leichten" Wasserstoffs, kann sich mit einem Neutron zusammenfinden, wodurch der „schwere" Wasserstoff oder Deuterium mit dem doppelten Atomgewicht entsteht. Die Zahl der Isotope wechselt bei den verschiedenen Elementen; am meisten weist das Zinn auf, von dem 10 Isotope bestehen. Umgekehrt gibt es ganz verschiedene Elemente von gleichen Atomgewicht, bei denen eben die Zahl der Protonen wechselt, jedoch die Gesamtsumme aus Protonen und Neutronen gleich bleibt, wie z. B. Molybdän, Zirkonium und Ruthenium, die sämtlich als Isotope vom Atomgewicht 96 vorkommen. Vom schweren Wasserstoff bis zum Uran und den künstlich hergestellten noch schwereren Transuranen bestehen demnach alle Atomkerne aus einer bestimmten Anzahl von Protonen und Neutronen, wobei mit dem zunehmenden Atomgewicht die Zahl der Neu-

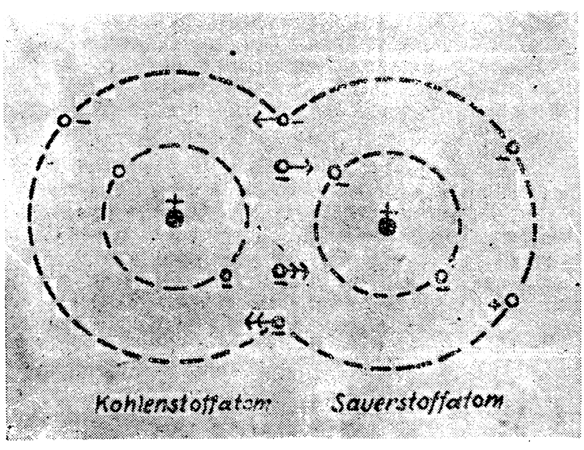



Abbildung 2

**) Bei allen kernphysikalischen Vorgängen wird als Energie-Einheit das Elektronenvolt eV angewendet. Es entspricht jener Energie, die ein Elektron beim Durcheilen einer Potentialdifferenz von einem Volt aufnimmt.

tronen gegenüber den Protonen immer mehr überwiegt: Das Uranisotop mit dem Atomgewicht 238 besitzt z. B. 92 Protonen und 146 Neutronen.

### Die Quelle der Atomenergie.

Um den Aufbau von Atomkernen zu erforschen und gleichzeitig durch Hinzufügen oder Entfernen von Atombausteinen die Elemente zu verwandeln, wenden wir folgende höchst einfache, leider aber auch wenig ergiebige Methode an: Man bringt in besonderen Apparaten, unter denen das Cyclotron und Betatron gegenwärtig am gebräuchlichsten sind, kleinste Korpuskeln, wie Protonen, Deuteronen, Heliumkerne oder Elektronen mit Hilfe starker elektrischer Spannungen auf sehr hohe Geschwindigkeit und schießt sie dann gegen die umzuwandelnden Elemente ab, wobei ein kleiner Teil dieser winzigen Geschosse auf Atomkerne trifft und diese zersplittert, oder von ihnen aufgefangen wird. Man kann auch solche Partikel gegen Beryllium und andere Stoffe von hohem Neutronengehalt schießen und dabei Neutronen freimachen, die ihrerseits weiterfliegen, in andere Atomkerne eindringen und diese zum Zerfall bringen. Die erzielten Mengen an neuen Elementen sind dabei unwägbar gering, doch lassen sie sich mit unseren modernen Untersuchungsmethoden einwandfrei feststellen.

Als nun Cockroft und Walton im Jahre 1932 das Element Lithium auf diese Weise mit Protonen beschossen, zerfiel der Lithiumkern unter Aufnahme eines Protons in zwei Heliumkerne nach der Formel: ${}_{3}Li^{7} + {}_{1}H^{1} - {}_{2}He^{4} + {}_{2}He^{4}$.***)

Dabei zeigt sich ein Gewichtsverlust von 0.0184 Atomgewichtseinheiten, wogegen die Heliumkerne mit ungeheurer Gewalt auseinanderflogen. Dieses Experiment ergab einwandfrei den Beweis für die Richtigkeit der von Einstein aufgestellten Theorie, daß Masse und Energie äquivalent sind und sich nach folgendem Gesetz ineinander verwandeln lassen: Energie (Erg) = Masse (Gramm) multipliziert mit dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit (cm/sec). Aus dieser Formel gehen mehrere Tatsachen hervor, an die sich das Denken unserer Generation erst gewöhnen mußte. Die Masse ist demnach nichts anderes als ungeheuer verdichtete Energie; umgekehrt ist Energie die in Strahlung oder in eine andere Energieform verwandelte Masse. Ein Körper, der erhitzt wird, eine Feder, die man spannt, werden durch Energieaufnahme schwerer. Aber auch jeder Körper, der beschleunigt wird, nimmt damit an Gewicht zu, wenngleich sich diese Gewichtszunahme erst bei Geschwindigkeiten in der Nähe der Lichtgeschwindigkeit fühlbar macht. Aus der Einsteinschen Formel läßt sich errechnen, daß man bei restloser Zerstrahlung von 1 gr. Masse in Energie $2.5 \cdot 10^{7}$ kWh erhalten würde, was etwa der Tagesproduktion aller schweizerischen Elektrizitätswerke entspricht. Und umgekehrt würde die Elektrizitätsmenge dieser Tagesproduktion, wenn wir sie in Masse umwandeln könnten, nur 1 gr. ausmachen!

Im praktischen Leben spielt diese Umsetzung von Masse in Energie und umgekehrt keine Rolle, aber die Sache wird ganz anders, wenn wir den Kräftehaushalt im Innern der Atomkerne näher betrachten. Denn hier ist die Masse auf unvorstellbar kleinen Körperchen, den Kernbausteinen, konzentriert und die zwischen ihnen spielenden Kräfte sind im Verhältnis zu ihrem Volumen und Gewicht unfaßbar groß.

### Der Kräftehaushalt im Atom.

Man kann sich leicht vorstellen, daß sich im Innern eines Atomkerns die positiv geladenen Protonen bei den äußerst geringen Abständen von zirka $3 \cdot 10^{-13}$ cm ungemein stark abstoßen. Tatsächlich erreicht in den Atomkernen von Elementen mit mittleren Atomgewichten die Abstoßung zwischen zwei Protonen rund 20 kg. Der Atomkern müßte daher explodieren, wenn diesen abstrebenden Kräften nicht gleichzeitig enorme anziehende Kernkräfte entgegenständen, die allerdings nur auf ungemein kleine Distanz, nämlich etwa $10^{-12}$ cm wirksam sind, aber genügen, um das Gefüge des Atomkerns zusammenzuhalten. Diese Bindekräfte sind in ihrem Wesen noch wenig bekannt, doch befassen sich gegenwärtig zahlreiche Physiker mit ihrer Erforschung. Man hat guten Grund, anzunehmen, daß es sich um „Austauschkräfte" handelt, wobei z. B. die elektrische Ladung zwischen Proton und Neutron rasch wechselt, und ähnliche Erscheinungen auch zwischen Neutronen oder Protonen untereinander auftreten.

Von ihrem Ausmaß können wir uns kaum einen anschaulichen Begriff machen, denn in einem Millionstel (0,000 001) gr. Wasserstoff entsprechen diese Bindungskräfte 1 400 000 Tonnen. Das ist zirka siebenmal soviel, als die Ladefähigkeit sämtlicher Güterwagen der schweizerischen Bundesbahnen beträgt! Man wird daher verstehen, daß im Verhältnis zu diesen gigantischen Kräften alle unsere Mittel, die in der Chemie eine so große Rolle spielen, wie Erhitzung, Einwirkung elektrischer Ströme, Hochdruck usw., viel zu geringfügig sind, um irgend welchen Einfluß auf die wirbelnde Bewegung der Atombausteine im Atomkern auszuüben.

Man kann einen Atomkern am besten mit einem Flüssigkeitstropfen vergleichen. In einem solchen Tropfen werden die einzelnen Moleküle durch die nach dem holländischen Physiker Van der Waal benannten Molekularkräfte zusammengehalten, die — ebenso wie die Kernbindekräfte — nur eine äußerst geringe Reichweite haben. Gleichzeitig wirkt aber von innen heraus die Wärme-Energie, die die Moleküle in Bewegung setzt. Ueberwiegt die Wärme-Energie, dann verlassen einzelne Moleküle die Oberfläche des Tropfens, sie verdunsten, wobei sie eine bestimmte Wärme-Energie aufbrauchen. Umgekehrt können sich einzelne Moleküle an den Tropfen anlagern, also kondensieren. Sie geben dabei einen Teil ihrer Energie als Kondensationswärme ab.

Aehnlich können wir uns die Vorgänge in einem Atomkern vorstellen, wenn sich ein Proton oder Neutron an den Kern anlagert. Es wird bei der Berührung von den auf geringste Distanz wirkenden Kernbindekräften hineingerissen, so etwa wie ein Meteorstern zur Erde fällt. Dabei wird die Anlagerungs-Energie frei, die beim Einfangen eines Neutrons oder Protons zirka 8 Millionen eV ausmacht. Dieser Betrag ist so ungeheuer groß, daß er sich als Gewichtsverlust geltend macht und sich in Gammastrahlung kinetische Energie, Wärme oder sogar durch Materialisation der Energie in Form von negativen oder positiven Elektronen umsetzt.

Je stabiler der Atomkern ist, desto stärker ist seine innere Bindung und desto größer ist demnach auch die Energiemenge, die bei der Atomwandlung frei wird. Wenn sich z. B. zwei schwere Wasserstoffkerne aus je einem Proton und einem Neutron zu einem Heliumkern zusammenfügen, so wird dabei soviel Energie frei, daß sich ein Masseverlust von 7 Promille ergibt. Die durch solche Massendefekte beim Kernaufbau entstehenden Energien sind ein bis zwanzig Millionen mal größer, als sie mit den brisantesten Sprengmitteln durch chemische Reaktionen in den Elektronenhüllen von Atomen zu erzielen sind. In der Sonne geht eine solche Atomkernumwandlung von Wasserstoff in Helium ständig vor sich, bei der pro Gramm Wasserstoff rund 150 Millionen kcal frei werden, während die chemische Verbrennung von Wasserstoff nur 48 kcal ergibt. Kern-Umwandlungsprozesse sind es also, die unser Tagesgestirn durch Jahrmillionen im Wärmegleichgewicht halten, wobei pro Sekunde nicht weniger als 4,4 Millionen Tonnen Masse in Energie zerstrahlt werden! Leider ist diese Art von Energiegewinnung durch Kernumwandlung nicht industriell auswertbar, da sie nur bei Temperaturen von zirka 10 Millionen Grad Celsius in größerem Umfange vor sich gehen. Im Cyclotron und ähnlichen Apparaten sind es immer nur einzelne Kerne, die wir aufzubauen oder zu zertrümmern vermögen.

### Atomumwandlung und Radioaktivität.

Bei allen Kernumwandlungen, die im Laboratorium des Physikers ausgeführt werden, handelt es sich um die Abspaltung oder Hinzufügung von einzelnen Kernbausteinen. Solche Prozesse kommen auch in der Natur vor und wir bezeichnen sie als Radioaktivität. Zu ihrer Erklärung wird uns das schon bekannte „Tropfenmodell" gute Dienste leisten. In den Atomkernen der leichten Elemente, die nur aus wenigen Bausteinen be-

***) Um ein Element oder seine Isotope einwandfrei zu bezeichnen, wird seine Ordnungszahl (Atomnummer, oder was das Gleiche ist, seine Kernladung) links unten und sein Atomgewicht (Summe aus Protonen und Neutronen) rechts oben geschrieben, z. B. ${}_{2}He^{4}$ (Helium).

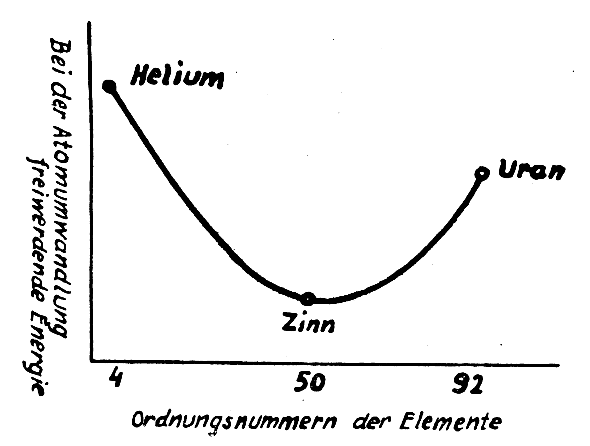


Abbildung 3: Die bei der Atomumwandlung der Elemente freiwerdende Bindungsenergie

stehen, liegen die einzelnen Partikelchen sehr nahe oder unmittelbar an der Oberfläche. Die Kernbindekräfte wirken daher nicht von allen Seiten ein, so daß die abstoßende Wirkung der positiv elektrischen Protonenladungen besser zur Geltung kommt. Leichte Atome lassen sich daher durch Beschießen mit kleinen Partikelchen unter geringerem Energieaufwand umwandeln. Da aber bei der Anlagerung neuer Kernbausteine die Bindung zunimmt, wird gleichzeitig ein erheblicher Energie-Betrag frei, wie der Abbildung 3 zu entnehmen ist. — Am stabilsten sind die Atome von mittlerem Atomgewicht, in deren Kern die Bindungskräfte von allen Seiten auf den größten Teil der einzelnen Bausteine wirken können. Dabei ist aber die Zahl der Protonen in solchen Atomen noch nicht so hoch, daß ihre abstoßenden Coulombschen Kräfte das Kerngefüge zu lockern vermögen. In den schweren Atomen ist jedoch die positive Ladung der zahlreichen Protonen bereits so stark, daß sie die nahe der Oberfläche liegenden Kernbausteine aus dem Gefüge zu stoßen vermögen. Diese „verdunsten" je nach der Stabilität des Kernaufbaues mehr oder weniger rasch, wobei es zu tiefgreifenden Umwandlungsvorgängen kommt.

Alle Elemente mit höherer Ordnungsnummer als 84 sind radioaktiv. Manche stoßen Heliumkerne aus; in ihrem Innern zerfallen außerdem Neutronen in Protonen und Elektronen, welch letztere gleichfalls aus dem Atomverband hinausgeschleudert werden. Beträchtliche Energiemengen werden dabei frei, weil die Bindung zwischen den einzelnen Kernbausteinen fester wird. Der Atomkern verliert dadurch an Masse, die als kinetische Energie der ausgestoßenen Teilchen und als Gammastrahlung in Erscheinung tritt.

Auch bei der künstlich herbeigeführten Atom-Umwandlung entstehen häufig unstabile Kerne, die erst durch Verwandlung einiger ihrer Protonen in Neutronen (oder umgekehrt) ihr inneres Gleichgewicht erhalten. Sie strahlen dabei gleichfalls negative oder positive Elektronen oder Gammastrahlen aus. (Positive Elektronen, auch Positronen genannt, haben nur eine kurze Lebensdauer. Sie stoßen mit den nächsterreichbaren freien negativen Elektronen zusammen und verwandeln sich gemeinsam mit diesen in Lichtenergie, wobei die Masse der beiden Elektronen zerstrahlt.) Solche künstlich radioaktive Elemente, von denen man heute bereits mehr als 300 festgestellt hat, werden zu biologischen Versuchen und in der medizinischen Forschung verwendet.

**Der Urankern als Energiequelle.**

Bei solchen Kernumwandlungs-Experimenten beobachteten die deutschen Forscher Hahn und Straßmann im Jahre 1939, daß der Kern des Uranisotops U 235 beim Beschuß mit Neutronen nicht durch Abgabe einzelner Atombausteine und Heliumkerne umgewandelt wurde, sondern in Atomkerne von mittleren Atomgewichten auseinanderbarst, wie etwa Xenon oder Strontium, oder Tellur und Zirkon. Die beiden neu entstandenen Partikelchen fuhren mit solcher Gewalt auseinander, daß man auf einen außerordentlich großen Betrag an freiwerdender Energie schließen mußte.

Ein Vergleich mit unserem „Tropfenmodell" wird auch diese Erscheinung verständlich machen. Im Urankern mit seinen 92 Protonen sind deren positivelektrische abstoßenden Kräfte schon so stark, daß der Atomkern von den Bindungskräften nicht mehr sehr fest zusammengehalten werden kann. Immerhin überwiegen sie in der runden, tropfenförmigen Ansammlung von Protonen und Neutronen, aus denen sich der Kern zusammensetzt. Wenn jedoch ein Neutron in den Kernverband hineinstürzt, dann beginnt der Kern wie ein Gallertetropfen zu schwingen und nimmt dabei eine biskuitartige Form an.

Die in den beiden äußeren Regionen befindlichen Protonen werden dann nicht mehr durch die zentralen Kernkräfte gefesselt, da diese wegen ihrer äußerst geringen Reichweite unwirksam werden. Der Atomkern schnürt sich immer mehr ein, die Coulombschen Kräfte überwiegen und sprengen den Atomkern mit ungeheurer kinetischer Energie auseinander. Gleichzeitig fliegen einige überschüssig gewordene Neutronen davon, die von anderen Uran-Atomen aufgefangen werden und zu neuen Reaktionen Anlaß geben können. Dabei wird etwa ein Promille der Atomkernmasse in kinetische Energie, Wärme und Gammastrahlung verwandelt. Aber auch die neu entstandenen leichteren Atomkerne sind noch radioaktiv und wandeln sich unter weiterer Abgabe von Strahlungsenergie in mehreren Stufen zu stabilen Atomkernen um. Die bei diesem Atomzerfall durch Massendefekt freigewordene Energie ist mehr als hunderttausendmal so groß wie bei chemischen Explosionen. Die Explosion der Atombombe über Hiroshima wurde durch die Umwandlung von nur etwa acht Gramm Masse des abgeworfenen Uranblocks in Energie hervorgerufen, aber das genügte, um eine Großstadt in Schutt und Asche zu legen!

Der Zerfall des Urankerns und des aus Uran aufgebauten noch schwereren Elementes Plutonium ist vorläufig der erste kernphysikalische Prozeß, den wir technisch auswerten können, obwohl nach neuesten Berichten auch die Spaltung von Thorium sehr aussichtsreich zu sein scheint.

(Paul Bellac, Bern, in „DER BUND".)

# Neues wasserdichtes Gewebe

**Produktionsgeheimnis der Kriegszeit für friedensmäßige Erzeugung freigegeben**

Wie die englische Zeitung „Scotsman" aus Manchester meldet, wird jetzt eine sehr beachtenswerte britische Erfindung, deren Fabrikationsgeheimnis während des Krieges streng geheim gehalten wurde, zur friedensmäßigen Erzeugung freigegeben. Es handelt sich um ein wasserdichtes Baumwollgewebe, mit dessen Hilfe während der Kriegsjahre das Leben vieler Flieger und Seeleute gerettet wurde.

Es hatte sich nämlich als notwendig erwiesen, für die Männer im Geleitzugsdienst, die der Gefahr eines längeren Verweilens in eiskaltem Wasser ausgesetzt waren, eine zweckmäßige Kleidung herzustellen.

Britische Piloten, die in russischen Geleitzügen eingesetzt waren, konnten, wenn sie Overalls aus diesem Stoff trugen, mit hundertprozentiger Sicherheit damit rechnen, auch einen Absturz in arktische Gewässer zu überleben.

Der neue Stoff, der nun unter dem Namen „Ventile" in den Handel kommt, ist nicht luftundurchlässig, wie Gummi oder wie Stoffe aus Kunstharzgewebe. Das Wasser wird bei diesem neuen Fabrikat durch das Aufquellen eines besonders ausgesuchten, weichen, gedrehten Garns am Durchdringen des Stoffes gehindert.

Ueber 60 britische Firmen werden sich jetzt an der Friedensproduktion dieses neuen Erzeugnisses beteiligen.

# RADAR erforscht die Weltraumstrahlung

An der Universität Manchester sind gegenwärtig Versuche im Gange, auch die dem Auge unsichtbaren Vorgänge im Weltall mittels Radar zu erforschen. Die diesbezüglichen Experimente stehen unter der Leitung des bekannten englischen Physikers Prof. Dr. Blackett und stellen den Beginn einer neuen Aera der astronomischen Forschung dar. Da die Astronomie in ihren bisherigen Messungen ausschließlich auf die Verwendung optischer Geräte angewiesen war und daher nur direkt oder indirekt sichtbare Vorgänge erfassen konnte, blieben ihr sämtliche unsichtbaren Erscheinungen, wie etwa Elektronenschauer, Ionenströme, Ladungswolken usw., verborgen. Gerade diese Vorgänge aber sind es, die als Folge und Ursache von Weltraumstrahlung tiefen Einfluß auf das Geschehen unseres Planeten nehmen; elektrische Störungen sind nicht nur für den Kurzwellenverkehr von Bedeutung, sie können unter Umständen auch tiefgreifende Wirkungen biologischer Art, besonders unter Kleinlebewesen, zeitigen. So macht man — um ein Beispiel anzuführen — gewisse Anteile der Höhenstrahlung für Mißgeburten (Mutation) und Alterung verantwortlich, der Einfluß auf menschliche Charaktere ist vorderhand noch nicht so recht überblickbar, aber zweifellos vorhanden. Aus all diesen angeführten Gründen wird daher die Erschließung der elektrischen Vorgänge im Weltall in der Wissenschaft eine große Rolle spielen. Darüber hinaus wird die Methode der elektrischen Lokalisation auch die Feststellung materieller Vorgänge, die unter dem Aufnahmepegel der besten Fernrohre liegen, ermöglichen; diese kleinen Himmelskörper (so etwa entfernte Meteorschwärme) sind meist Ursache oder Träger von großen elektrischen Feldern und so einer elektrischen Beobachtung zugänglich, die ihrerseits wiederum Rückschlüsse auf die Art der Körper zuläßt.

Dank einer persönlichen Bekanntschaft mit Prof. Blackett ist es dem Verfasser gelungen, interessante Einzelheiten über den neuesten Stand der Versuche zu erlangen. Diese Nachrichten geben ein aufschlußreiches Bild über diesen vielversprechenden Zweig der physikalischen Forschung und sollen dem Leser daher nicht vorenthalten werden.

Die Versuchsanordnung, die Prof. Blackett für seine Experimente verwendet, ist im Prinzip die gleiche, wie sie seinerzeit schon zur Lokalisation von Flugzeugen Verwendung fand. Von einem leistungsfähigen Ultrakurzwellensender wird ein scharf ausgerichtetes Bündel elektromagnetischer Wellen in den Aether gesandt. Im Weltraum vorhandene Ladungswolken u. dergl. reflektieren diese Wellen zum Teil, so daß sie an die Sendeantenne zurückgelangen und von einem Spezialempfänger aufgenommen, registriert werden können. Aus der Richtung der Antenne und der Zeit bis zum Wiedereinlangen des Echos läßt sich der Ort des reflektierenden Objektes feststellen. Die Größe der Entfernungen und die Schwäche des Echos aus dem Weltraum bedingen jedoch für ein Weltraum-Radar unvergleichlich größeren Aufwand an Empfindlichkeit und Präzision, als für ein Flugzeug-Gerät gefordert wird. Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, verwendet die Universität Manchester ein Gerät, dessen Einzelheiten wohl am besten und unmittelbarsten aus der möglichst wörtlichen Uebersetzung des Briefes Professor Blacketts zu ersehen sind:

„Wir arbeiten gegenwärtig mit einer Frequenz von 72 Megahertz, wobei unser Sender 150 Impulse pro Sekunde mit einer Dauer von je 8 Mikrosekunden ausstrahlt. Die Spitzenleistung des verwandten Sender-Aggregates beträgt 150.000 Watt. Der von uns verwandte Empfänger ist ein Norm-Modell, das noch eine Leistung von 0.009 Milliardstel Watt (!!) am Eingang registriert. Vorderhand verwenden wir eine Antenne, die aus einer Gruppe von 5 in Phase betriebenen Doppeldipolen besteht. Die Antenne kann in jede Richtung im Raum dirigiert werden und ist zu diesem Zweck auf dem Chassis eines Heeresscheinwerfers montiert. Sie ist ziemlich groß und mißt mit dem Gestell etwa 10×6 m bei einer Höhe von 9 m. Wir konnten bereits eine Reihe von positiven Resultaten verzeichnen, vor allem Echos, die Meteor-Ionisationen zuzuschreiben waren; dabei befanden sich die Ionisationswolken meist in einer Entfernung von etwa 170.000 Kilometer von der Erde (halbe Entfernung zum Mond; Anm. d. Verfassers). Mit der beschriebenen Richtungsantenne konnten wir weiters alle größeren Ströme des letzten Jahres genau verfolgen. Wir sind uns vollkommen klar darüber, daß noch eine ungeheure Arbeit zu bewältigen ist, bevor wir imstande sind, eine physikalisch zufriedenstellende Erklärung für die Fülle der beobachteten Erscheinungen im Universum zu geben. Vorderhand sind wir hauptsächlich damit beschäftigt, unsere Apparaturen zu vervollkommnen, vor allem, was die Messung der Intervallzeit (Höhenmessung) betrifft. Mit den bisherigen Apparaten war es uns ferner auch wegen der zu geringen Empfindlichkeit nicht möglich, die Ionisationseffekte durch reine Strahlung messend zu verfolgen und wir erwarten eigentlich in dieser Hinsicht auch keinen Erfolg, so lange nicht unser großer Paraboloreflektor fertiggestellt ist, der die Empfindlichkeit des Gerätes um das 25fache erhöhen wird. Dieses Paraboloid wird auf dem Grunde errichtet, und zwar so, daß es in vertikale Richtung weist, während die Speise-Antenne auf einem 40 m hohen Mast darüber beweglich angeordnet ist. Das Paraboloid besteht aus einem Spezial-Drahtnetz, das von starken Stahlseilzügen im Zentrum am Boden festgehalten wird, während an der Peripherie angreifende Stahlseile auf 10 m hohen Postamenten befestigt werden. Mit Hilfe der durch diese Antenne gesteigerten Empfindlichkeit gelangen wir, wie die theoretische Behandlung zeigt, an die Grenzzone, wo bereits Strahlungs-Ionisationseffekte feststellbar sein müßten. Sollte jedoch dieser Versuch fehlschlagen, so werden wir andere Wege zur Empfindlichkeits-Steigerung gehen."

Wie aus dem weiteren Verlaufe des Schreibens hervorgeht, beabsichtigen Prof. Blackett und seine Mitarbeiter, das neue kosmische Meßgerät in etwa sechs Monaten fertiggestellt zu haben. Die Postamente für das Paraboloid, die höchste Genauigkeit und Stabilität aufweisen müssen, sind bereits fertiggestellt, während die Weiterarbeit, vor allem das Aufstellen des Turmes für die Speise-Antenne, bisher durch das schlechte Wetter verhindert wurde.

Es ist klar, daß sich die geschilderten Arbeiten auf einem Neuland bewegen und noch jahrelange Arbeit nötig sein wird, um die erhaltenen Ergebnisse auch richtig zu deuten. Der Anfang jedoch ist jedenfalls gemacht und die ersten Resultate durchaus ermutigend.

(Heimo Hardung-Hardung.)

---

## 40.000 Rechnungen in der Sekunde

Am technologischen Institut von Cambridge, Massachusetts, wird gegenwärtig an einer „Blitzrechenmaschine" gearbeitet, die imstande sein wird, 15.000 zwölfstellige Dezimalzahlen „im Kopf" auszurechnen.

Die Zahlen werden im Inneren einer Vakuumröhre mit Hilfe von Kathodenstrahlen auf einer isolierenden, nichtleitenden Platte als negative oder positive Ladungsteilchen placiert; der Kathodenstrahl kann jedoch auch dazu dienen, die auf der Platte gespeicherten Signale schon während der Rechenoperation auszuwählen und „abzulesen". Die Multiplikation zweier zwölfstelliger Dezimalzahlen wird, wie man erwartet, nicht einmal ganz fünfzig Mikrosekunden in Anspruch nehmen. Das ergibt einen Durchschnitt von 20.000 bis 40.000 arithmetischen Operationen in der Sekunde. Man hofft, diese Maschine, welche die Leistungsfähigkeit jeder anderen Rechenmaschine übertreffen soll, binnen vier Jahren fertigstellen zu können.

# DAS ELEKTRISCHE GEHIRN

Die oft zitierten Riesenschritte, mit denen die Entwicklung aller Zweige der Wissenschaft, der reinen wie der angewandten, und aller Gebiete der Technik fortschreitet, scheinen mit jedem Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts immer größer und atemberaubender zu werden. In vielen Ländern, in zahllosen Laboratorien und Krankenhäusern arbeiten oft hochspezialisierte Forscher an der Lösung bestimmter Probleme. Ihre Funde werden durch Vorträge und Veröffentlichungen in unzähligen Fachzeitschriften in der ganzen Welt mehr oder weniger bekannt, zum Nutzen anderer Wissenschaftler, die sich mit der Lösung derselben oder ähnlicher Probleme befassen. Denn wissenschaftliche Erkenntnisse werden in der Regel nicht geheim gehalten, sie sind daher jedermann zugänglich. Oder sind sie es vielleicht doch nicht?

Die Masse der Veröffentlichungen, selbst auf engen wissenschaftlichen Spezialgebieten, wächst in erschrekkendem Ausmaße. Ist der Fachgenosse im Rahmen der durch kein Mittel der Welt zu verlängernden 24 Stunden des Tages überhaupt noch imstande, sie laufend zu studieren? Und falls er dazu Zeit und Kraft haben sollte, reicht sein Gedächtnis, reicht sein Archiv, reichen die Registratur-Verfahren der öffentlichen und Fach-Bibliotheken aus, um ihm zu jeder Zeit schnell alle bisher aufgedeckten Tatsachen und Forschungsergebnisse eines umschriebenen Gebietes auf Wunsch zu beschaffen? Zu beschaffen nicht durch wochenlanges Graben in Archiven, Bibliotheken und Aufzeichnungen, sondern momentan und lückenlos, so daß er und seine Mitarbeiter nicht wertvolle Zeit mit Suchen und Doppelarbeit verlieren. Und unter Berücksichtigung des erschwerenden Umstandes, daß heute viele Zweige der Wissenschaft durch tausend Seitenwege miteinander verflochten sind, daß zum Beispiel der Fortschritt der modernen Medizin eng mit dem in der Physik, Chemie, Biochemie, Physiologie, Psychologie, Volkswirtschaft und einem Dutzend anderer Wissenschaften verbunden ist, oder daß beim Bau eines Atomenergiekraftwerkes Atomphysik, Physik, Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau und zahllose andere Wissenschaften zusammenarbeiten müssen.

Kann heute im Falle eines komplizierten wissenschaftlichen oder technischen Problems der Forscher oder Ingenieur den gesamten „Unterbau" seiner Aufgabe im Kopf haben oder ihn sich überhaupt beschaffen, wenn er nicht in allen Künsten bewandert ist — wozu das menschliche Gehirn zu unvollkommen ist — oder wenn er nicht einen großen Stab von Spezialisten zur Verfügung hat sowie ideal vollkommene Archive und Bibliotheken? Wieviel Zeit heute den Wissenschaftlern, Ingenieuren, Aerzten und anderen Fachleuten mit Nachschlagen, Suchen und Doppelarbeit unwiderbringlich verloren geht, das weiß kein Mensch, und niemand kann sagen, wieviel weiter Wissenschaft, Technik, Medizin, Sanitätswesen, Verkehr — und Wohlstand — heute entwickelt sein könnten, wenn nicht Tausende von Fachleuten täglich sich mit Kleinarbeit zersplittern müßten.

Hier liegt ein großes Hindernis auf dem Wege der Nutzbarmachung aller wissenschaftlichen Erkenntnisse im Interesse aller Völker; hier muß die Forschung immer mehr stecken bleiben, je weiter sie sich entwickelt. Und auf diesem Gebiete müßte dringend etwas geschehen: Mit Hilfe unseres großen Schatzes an mechanischen, elektrischen, elektronischen, chemischen und sonstigen Kenntnissen müßte etwas geschaffen werden, das gleichzeitig das menschliche Gedächtnis und das unzulängliche Archiv entlastet, ergänzt und ersetzt, das den Forscher — und warum nicht auch manchen anderen Berufstätigen? — von überflüssiger, heute vorsintflutlich anmutender Kleinarbeit befreit.

Einer der genialsten Wissenschaftler der Vereinigten Staaten, Dr. Vannevar Bush, hat wohl als erster diesen wundesten Punkt der modernen Forscher-Tätigkeit erkannt. Mehr als das, er hat gleichzeitig in einem vor einiger Zeit in „The Atlantic Monthly" (Boston) erschienenen Artikel bewiesen, daß uns heute die technischen Mittel zur Verfügung stehen, um den wissenschaftlichen Forscher und andere Fachleute mit den Hilfsmitteln zu versehen, die es ihnen erlauben würden, praktisch jede Stunde ihrer wertvollen Zeit wirklich ihrer eigentlichen Arbeit zu widmen.

Dr. Bush ist davon überzeugt, daß für diesen wichtigen Zweck nichts technisch grundsätzlich Neues geschaffen zu werden brauchte, daß allerdings eine Reihe von Techniken und Geräten, die wir heute auf vielen Gebieten anwenden, für diesen Zweck weiter entwickelt und verfeinert werden müßten. Diese Verbesserung erfordert keineswegs das Finden neuer Wege, nur das Erweitern und Befestigen alter. Photographie, Photozellen, Elektronenröhren, Kathodenstrahl-Röhren, elektrische Relais — all das sind Hilfsmittel und technische Elemente, die unendlich zuverlässig und unvorstellbar schnell arbeiten, deren volle Ausnutzung aber erst begonnen hat.

Hinzu kommt, daß die Massenanfertigung selbst der kleinsten, feinsten und kompliziertesten Teile, die voneinander nur um einen, praktisch keine Rolle mehr spielenden, winzigen Bruchteil eines Millimeters abweichen, heute kein Problem mehr darstellt. Die Möglichkeit, die verwickeltsten und trotzdem zuverlässigen mechanischen und elektronischen Teile und Geräte in Massen herzustellen, müßte in den Dienst einer Aufgabe gestellt werden, die die schnelle und zuverlässige Lösung so vieler anderer wichtiger Aufgaben unendlich erleichtern würde, nämlich die, wissenschaftliche Veröffentlichungen, Erkenntnisse und Aufzeichnungen laufend ergänzen und bewahren und sie jederzeit unter beliebigen Gesichtspunkten heranziehen zu können. Dr. Bush' Vorschläge, wie die heute vorhandenen technischen Hilfsmittel für diesen Zweck ausgenutzt werden könnten, sind in der Tat faszinierend und verblüffend.

### Ausbau der Mikrophotographie.

Nach seiner Ansicht dürfte es nicht schwer sein, eines dieser Hilfsmittel, die Photographie, insbesondere die Mikrophotographie, für diesen Zweck auszubauen. Er stellt sich im Geiste als erstes Hilfsgerät des Forschers der nahen Zukunft eine winzige, auf der Stirn getragene Kamera vor, nicht viel größer als eine Walnuß. Sie nimmt drei Millimeter im Quadrat große Lichtbilder auf, die projiziert und vergrößert werden können, wobei der Vergrößerungsfaktor nicht wesentlich über die heute regelmäßig angewendeten hinauszugehen braucht. Mit Hilfe einer eingebauten Photozelle wird die Belichtungszeit automatisch der jeweiligen Beleuchtung angepaßt. (Eine solche Kamera gibt es bereits.) Die Feder für den Verschluß zieht sich automatisch auf beim Einlegen des Filmstreifens für 100 Farben-Aufnahmen, möglicherweise stereoskopische. Die Auslösung des Verschlusses erfolgt von Hand mit Hilfe einer durch den Aermel geführten Schnur. So bald der Forscher bei seiner Arbeit irgend etwas sieht, das er der bildmäßigen Festhaltung für würdig hält, macht er, ohne den geringsten Zeitverlust, eine Aufnahme.

Das Bild müßte nun zweckmäßigerweise sofort gebrauchsfähig sein, ohne den üblichen photographischen Entwicklungsprozeß. Zwei Verfahren der Trockenphotographie sind seit langem bekannt. Eines verwendet mit Diazo-Farbstoffen imprägnierte Filme, das andere ist

das bei der Faksimile-Fernübertragung angewandte, bei dem wechselnde elektrische Potentiale auf einem mit einer Jodverbindung imprägnierten Papier abgetönte Schattierungen hervorrufen. Beide Verfahren arbeiten heute noch langsam und das zweite ist kompliziert. Aber beide liefern Bilder, die sozusagen im Augenblick der Aufnahme fertig sind.

Das zweite dieser beiden Verfahren ist, wegen der dabei angewendeten Abtastung, mit dem Fernsehen verwandt, nur daß beim Fernsehen das Bild durch den abtastenden Elektronenstrahl der Kathodenstrahlröhre erzeugt wird und an die Stelle des permanent chemisch veränderten Papiers oder-Films der nur momentan aufleuchtende Leuchtschirm tritt. Aber die Fernsehabtastung erfolgt im Gegensatz zu der bei der Faksimile-Uebertragung, ungeheuer schnell und so regt Bush eine Vereinigung beider Verfahren an, indem der Leuchtschirm durch einen chemisch behandelten Film ersetzt wird, der von außen gegen die evakuierte Kathodenstrahlröhre gedrückt wird.

Mikrofilm und projektive Vergrößerung spielen bereits eine gewisse Rolle für wissenschaftliche Zwecke und eine Verfeinerung des Verfahrens durch größere Feinheit des Filmkorns, Verbesserung des optischen Systems und der Lichtquelle liegt im Bereich des Möglichen. Wenn man heute mit Bildverkleinerungen von 20 (linear) arbeitet, so dürfte in der Zukunft eine Reduktion von 100 nicht unerreichbar sein. Wenn man dann Filmmaterial verwendete, das nicht stärker oder gar dünner ist als Papier, könnte jedes Buch auf ein Zehntausendstel und weniger seines Volumens reduziert werden. Das besagt, daß eine Bibliothek von 1,000.000 Büchern — und es dürfte wohl keine so umfangreiche Fachbücherei geben — nur einen Teil des Innenraumes eines Schreibtisches einzunehmen brauchte. Eine solche Fachbibliothek würde natürlich nicht nur Bücher, sondern auch Zeitschriften, Zeitungsausschnitte, Abhandlungen, Photographien, Zeichnungen, Korrespondenz, Notizen usw. enthalten. Weder Umfang und Volumen des Materials, noch dessen Kosten, was Filmmaterial, Vervielfältigung und Versendung betrifft, würden beträchtlich sein; denn zum Beispiel ein Nachschlagewerk vom Umfang des großen Brockhaus wurde auf 5 oder 6 Quadratdezimeter Filmfläche reduziert werden können.

#### Anwendung von elektronischen und Stenographier-Maschinen.

Ein weiterer Schritt vorwärts wäre die Eliminierung des Bleistifts oder Füllfederhalters, der Schreibmaschine und selbst des Diktaphons und der Stenotypistin. Auch dafür ist der Weg längst geebnet: Bereits vor dem Kriege haben die Bell Telephone Laboratories zwei elektronische Maschinen entwickelt, den Voder und den Vocoder. Durch „Spielen" auf den Tasten des Voder können im Lautsprecher Töne erzeugt werden, die jeden beliebigen Sprach- oder anderen Laut imitieren können, ja, ganze Sätze in jeder beliebigen Sprache. Der Vocoder ist ein umgekehrter Voder, in dem an die Stelle des Lautsprechers ein Mikrophon tritt. Wenn man hineinspricht, bewegen sich die Tasten, die im Voder zur Erzeugung des Sprachklanges heruntergedrückt werden müßten. Ferner gibt es seit vielen Jahren Stenographier-Maschinen, mit deren Hilfe eine Stenotypistin das gesprochene Wort, phonetisch vereinfacht, aufzeichnet und deren maschinelle Aufzeichnungen als Grundlage für den Debattenbericht, Brief oder Zeitungsartikel dienen. Wird die Stenotypistin durch einen Vocoder ersetzt, dann hat man eine Maschine, die das gesprochene Wort unmittelbar auf einen Papierstreifen stenographiert, aufzeichnet.

Damit wären für den Wissenschaftler der Zukunft zwei Hilfsmittel geschaffen, die zusammen ihn von jeder Handarbeit befreien, die nicht unmittelbar mit seiner Forschertätigkeit zusammenhängt. Während er im Laboratorium oder in der Werkstatt herumgeht und arbeitet, macht er mit seiner Miniaturkamera photographische Aufnahmen jeder Phase seiner Arbeit oder der Apparaturen, während gleichzeitig seine Beobachtungen und Bemerkungen durch die Vocoder-Stenographier-Maschine festgehalten werden.

Damit sind alle praktischen Vorbedingungen geschaffen für die unbegrenzt umfangreiche Zusammenstellung auf einem unendlich kleinen Raum sowohl von Quellenmaterial wie von eigenen Beobachtungen und Notizen; denn auch die eigenen, durch den Vocoder-Mechanismus festgehaltenen Beobachtungen und Ideen können, ebenso wie die Mikrophotos, auf ein Hundertstel linear verkleinert werden. Der nächste Schritt wäre, aus der Fülle des vorhandenen Materials das für einen bestimmten logischen Gedankengang Erforderliche mechanisch zusammenzustellen. Die schöpferische Gedankenarbeit des Forschers kann zwar durch keine Maschine ersetzt werden. Aber alles, was als Grundlage und Voraussetzung dieser Gedankenarbeit in Druck, Schrift und Bild bereits vorhanden ist, müßte mechanisch in brauchbarer Anordnung zusammengestellt werden können, ähnlich wie mit Hilfe des in Bibliotheken gebrauchten Klassifikationssystems gewünschtes Material zusammengestellt wird — nur unendlich viel schneller und gleichzeitig zuverlässiger und lückenloser, weil die Zusammenstellung auf mechanisch-elektronischem Wege erfolgen würde.

Auch dafür sind die technischen Voraussetzungen im wesentlichen vorhanden. Jede Rechenfunktion ist im Grunde eine Zusammenstellung von Voraussetzungen, in diesem Falle Zahlen, in brauchbarer Anordnung zwecks Erzielung eines gewünschten Ergebnisses, und wie oft wir auch dieselbe Art von Rechnung durchführen, die Anordnung der zugrunde liegenden Zahlen wird immer wieder dieselbe, nämlich die zweckmäßigste, sein. Wir haben einfache Rechenmaschinen, die noch mit Tasten arbeiten wie eine Schreibmaschine. Wir haben andere, die mit der Schreibmaschine geschriebene Zahlen und Zeichen mit Hilfe von Photozellen durch Abtasten „lesen" und die Tasten durch elektrische Uebertragung herunterdrücken. Wir haben schließlich die Möglichkeit, geschriebene Zahlen oder gesammeltes statistisches Material durch festgelegte Anordnungen von Löchern in Karten zu ersetzen, d. h. durch Lochkarten.

Auf dem Lochkartenprinzip beruhen die kompliziertesten Buchhaltungs- und Büromaschinen sowie die modernsten Rechenmaschinen, mit deren Hilfe die Ergebnisse der kompliziertesten mathematischen Berechnungen und Gleichungen gefunden werden können, selbst von Aufgaben, die mit anderen Mitteln überhaupt nicht gelöst werden können. Solche Maschinen haben ein automatisches „Gedächtnis", das es ihnen ermöglicht, maschinell gefundene Ergebnisse für spätere Anwendungen aufzuheben. Sie arbeiten heute schon praktisch zeitlos und sie könnten vermutlich noch beschleunigt werden, falls dies nötig sein sollte. Sie erhalten, auf Lochkarten festgelegt, ihre Instruktionen, die sie dann mit elektrischen Mitteln ausführen. Die Instruktionen können natürlich auch auf durchsichtigen Filmen in die Maschine eingeführt werden.

Solche Maschinen erleichtern an sich die Forschertätigkeit, weil sie von der Kleinarbeit des Rechnens und Gleichungenlösens befreien. Aber das ihnen zugrundeliegende Prinzip kann weiter ausgebaut werden:

Bitte hier ausschneiden oder abschreiben!

### Fragekarte:

## Der Leser gestaltet seine Zeitschrift

| Beitrag: | Hat Sie das Thema interessiert? | War die Darstellung des Stoffes: |
|---|---|---|
| Atomenergie . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Radar . . . . . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Elektrisches Gehirn | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Rundfunkempfang . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Magnetophon . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Drehfeldrichtungsanzeiger . . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Sonar . . . . . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Trockenrasieren . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| UHF-Technik . . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Röhrenprüfgerät . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Regelwiderstand . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Netztransformatoren | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Kleinstsuper . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Bastlerratschläge . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Stanniolstreifen . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |
| Elektrokurs . . . . | ja — nein | gut - zu ausführlich - schwer verständlich |

Bitte kreuzen Sie die Aufsätze, die Ihnen besonders gut gefallen haben, an.

Genau wie eine Rechenoperation im Grunde die Wiederholung eines vorher festgelegten logischen Vorganges ist, so liegt auch dem Festhalten und der Kombination von Daten, Quellenmaterial und Beobachtungen ein logischer Vorgang zugrunde. Legt man den Gedankengang bei der Auswahl der gewünschten Daten fest sowie den der Rechenoperation entsprechenden Vorgang, dann kann man, folgert Bush, das weitere der Maschine überlassen, vorausgesetzt, daß die Maschine nicht nur für das Manipulieren rechnerischer und statistischer Voraussetzungen gebaut ist.

**Die Maschinenkonstruktion und deren Arbeitsweise.**

Niemand hat bisher versucht, solche Maschinen zu konstruieren, schon weil der Bedarf, der Markt, dafür zu klein war. In der nahen Zukunft wird man jedoch Maschinen benötigen, die mit Hilfe von Vakuum-Röhren und Relais eine Reihe von Voraussetzungen miteinander „mischen" und automatisch aus dem Gemisch logische Schlüsse ziehen. Bush glaubt, daß keine grundsätzlichen technischen Schwierigkeiten dem Bau einer solchen Maschine im Wege stehen, einer Maschine, die Argumente verarbeitet, wie heute eine Registrierkasse Verkäufe „verdaut". Und er muß es wissen; denn er selbst hat einige der kompliziertesten Rechenmaschinen, sogenannte Differential-Analysatoren, konstruiert, die durch mathematische und statistische Formulierung miteinander verbundene Zahlenwerte logisch verarbeiten. Die Hauptsache ist, für alle nur denkbaren Voraussetzungen zweckmäßige Ausdrucksformen zu finden in Gestalt von Löchern, Punkten, Strichen usw. auf Karten oder Filmen, die die „Logik-Maschine" verarbeiten kann.

Mit der Möglichkeit allein, Quellenmaterial und Beobachtungen unbegrenzt zu erweitern und auf praktisch unbegrenzt kleinem Raum konzentrieren zu können, kommt natürlich der Forscher von morgen noch nicht viel weiter, als er heute ist. Viel wichtiger ist die schnelle maschinelle Auswahl aus der Fülle des Materials in der im Gehirn festgelegten, für den gerade gewünschten Zweck geeignetsten logischen Folge. Mit solchen Auswählmaschinen arbeiten Wissenschaft und Praxis schon lange. Die moderne Wettervoraussage beruht zum großen Teil auf dem maschinellen „Mischen" einer Reihe von im Verlauf von Jahrzehnten angesammelten Beobachtungen, eines „Wetter-Musters" sozusagen, das erfahrungsgemäß ein gewisses Wetter so und so viele Tage später zur Folge hat. Staatliche Stellenvermittlungen finden mit Hilfe von Lochkarten innerhalb von Minuten einen Mann mit bestimmten Spezialkenntnissen, der in einem bestimmten Bezirk wohnt und eine bestimmte Sprache spricht. Unter Millionen von Fingerabdrücken kann im Nu der eines Verbrechers identifiziert werden. Alle solchen Maschinen könnten durch sinngemäße Verwendung von Photozellen und Mikrofilmen noch wesentlich beschleunigt werden.

Das solchen Maschinen zugrunde liegende Auswählverfahren ist jedoch noch verhältnismäßig primitiv, da dabei jede einzelne der Tausende oder Millionen von Aufzeichnungen blitzschnell geprüft werden muß. Das automatische Telephon, das einen Fernsprech-Teilnehmer mit einer gewünschten Nummer verbindet, durchläuft nicht erst alle Teilnehmer von 1 bis 1,000.000 in der betreffenden Großstadt, sondern es „wählt" nach Klassen und Unterklassen, die durch bestimmte Ziffern in bestimmten Dezimalpositionen ausgedrückt sind. Die Dauer dieses nur ein paar Sekunden dauernden Vorganges könnte, falls erforderlich, durch den Einsatz von Vakuum-Röhren, wie in der modernen Rechenmaschine, dem ENIAC, praktisch auf Null reduziert werden.

Die höchste Vollendung des Auswählvorganges wäre vielleicht die Verwendung einer Mikrophon-Vocoder-Kombination, durch die man eine bestimmte, auf einer Karte festgehaltene Aufzeichnung aufruft, die dann mit Hilfe eines magnetisierten Stahldrahtes, nach dem Poulsen-Diktaphon-Verfahren, hörbar oder mit Hilfe von Mikrofilm und Projektion oder auch mit Fernsehmitteln sichtbar gemacht werden könnte. Auch hier braucht grundsätzlich nichts Neues erfunden, nur Vorhandenes verfeinert und weiter entwickelt zu werden.

Wie wird heute wissenschaftliches Quellenmaterial in Bibliotheken oder Archiven zusammengestellt? Die Grundlage ist ein Index-System von Klassen und Unterklassen, mit dessen Hilfe man schließlich die gewünschte Quelle findet, weil sie eben nur an einer bestimmten Stelle des Bücherregals aufbewahrt sein kann (falls sie überhaupt vorhanden und außerdem nicht verlegt ist). Für die nächste Quelle muß man in gleicher Weise vorgehen, das heißt wieder von vorne anfangen mit Klassen und Unterklassen.

Das Gehirn arbeitet nicht mit Indices, Gruppen und Klassifizierungen, sondern mit Gedankenassoziationen, die ungeheuer schnell eine Reihe von Dingen miteinander verbinden. Die Gedankenwege können sehr verwickelt sein, mit vielen Um- und Seitenwegen — darauf beruht letzten Endes die gedankliche Neuschöpfung des Forschers. Andererseits ist dies Verfahren des Gehirns nicht hundertprozentig zuverlässig und arbeitet keineswegs lückenlos, denn menschliche Gedanken neigen mehr oder weniger dazu in ausgefahrenen Geleisen zu laufen und das Gedächtnis ist mehr oder weniger flüchtig.

Kann die Maschine diesen Assoziationsvorgang des menschlichen Gehirns nachmachen? Vermutlich nicht, was Geschwindigkeit und Anpassungsfähigkeit, bestimmt jedoch, was die Zuverlässigkeit des Findens betrifft; denn jeder wissenschaftliche Fund, jede Aufzeichnung und Veröffentlichung kann in einer Maschine für immer festgehalten werden, klar und unbeeindruckt von anderen Funden und Beobachtungen, während das Gedächtnis vergißt und oft verschiedene Dinge durcheinander bringt und verwechselt. In dieser Beziehung könnte die Maschine besser arbeiten als selbst das vollkommenste und besttrainierte Gehirn eines Wissenschaftlers. Prinzipiell erscheint die Mechanisierung des Auswählens durch Assoziation anstatt durch einfache Klassifizierung durchaus durchführbar. Wie würde nun eine mit prinzipiell vorhandenen technischen Elementen gebaute Quellenmaschine für den Privatgebrauch des Wissenschaftlers von morgen aussehen? Bush konstruiert sie in Gedanken und da jedes Ding einen Namen haben muß, nennt er sie Memex. Sie hat die äußere Form eines Schreibtisches mit geneigten durchsichtigen Schirmplatten, auf die von innen optische Projektionen geworfen werden können. Von einem gewöhnlichen Schreibtisch unterscheidet sie sich ferner durch ein Schaltbrett mit Hebeln und Druckknöpfen. Das Prinzip des Mikrofilms ermöglicht es, wie geschildert, den Raum für das eigentliche Archiv, selbst wenn es umfangreicher sein sollte als jedes heute vorhandene, auf wenige Kubikdezimeter einzuschränken, so daß der größte Teil des Schreibtischinnern für den mechanischen Teil frei ist. Selbst die Hinzufügung von Tausenden von Seiten täglich würde den für das Archiv zur Verfügung stehenden Raum auch in Jahrhunderten nicht füllen. Der Forscher braucht also seine Zeit nicht mit sorgfältigen Auswählen des Quellenmaterials zu verschwenden, das er in Form von Mikrofilm selbst schafft oder kauft. Er kann überdies das Archiv laufend unmittelbar

ergänzen, indem er eine Buchseite oder Zeichnung oder Notiz auf eine durchsichtige Tafel in der Platte des Memex legt und sie mit Hilfe eines Hebeldruckes trokken-photographisch seiner Memex-Mikro-Sammlung einverleibt. Der gesamte Inhalt des Memex-Archives ist nach einem Index-System geordnet. Will der Forscher ein bestimmtes Buch einsehen, dann „wählt" er es mit Hilfe dieses Klassifikations-Kodex auf den Druckknöpfen des Schreibtisches, drückt auf einen Hebel und im Augenblick erscheint die Titelseite auf einer der Schirmplatten. Die Einstellung eines anderen Hebels nach rechts erlaubt ihm, das Buch mit einer Geschwindigkeit auf dem Projektions-Schirm durchzublättern, die gerade genügt, um die gesuchte Stelle zu finden. Ein weiterer Druck des Hebels nach rechts ermöglicht das Durchblättern zehn- oder auch hundertseitenweise. Entsprechende Hebeldrücke nach links erlauben ihm das Durchblättern mit verschiedenen Geschwindigkeiten oder Sprüngen rückwärts. Da mehrere Projektionsschirme vorhanden sind, können mehrere Quellen gleichzeitig aufgeschlagen werden und wiederum mit Hilfe der Trockenphotographie können an beliebigen Stellen Randbemerkungen eingefügt werden.

All das ist technisch noch nicht epochemachend, wenn es auch bisher niemals versucht worden ist. Dazu kommt aber jetzt die assoziative Klassifizierung, mit deren Hilfe irgend eine Aufzeichnung, falls gewünscht, selbsttätig und augenblicklich eine andere Aufzeichnung „wählt". Dies geschieht folgendermaßen: Will der Forscher zwei Quellen durch einen Gedankengang verbinden, dann gibt er dieser „Gedankenspur" eine Index-Bezeichnung, die er in sein Verzeichnis einträgt und auf seinem Schaltbrett einstellt. Auf zwei benachbarte Schirme projiziert er die beiden Quellen. Auf deren Unterseiten befinden sich eine Reihe von leeren Index-Räumen und durch einen Zeiger wird je einer davon eingestellt. Dann werden durch das Herunterdrücken eines Hebels die beiden Quellen miteinander verbunden und die soeben gegebene Index-Bezeichnung erscheint an den beiden durch den Zeiger bezeichneten Stellen auf den Quellen. Mechanisch wird die Memex-Verbindung der beiden Quellen mit Hilfe einer Anordnung von auf der Projektion nicht sichtbaren Punkten durch Photozellen bewirkt.

Auf diese Weise kann, wenn eine der beiden Quellen sichtbar ist, durch einen Hebeldruck jederzeit die andere „gerufen" werden. Falls beliebig viele Quellen durch einen einmal durchlaufenen Gedankengang miteinander verbunden sind, dann können sie, mit beliebiger Geschwindigkeit, eine nach der anderen gerufen werden, in ähnlicher Weise und prinzipiell mit gleichen technischen Mitteln, mit denen ein Buch auf dem Memex-Schirm durchblättert wird. Jede Quelle kann natürlich in beliebig viele Gedankengänge eingefügt werden. Auf „Anruf" erscheint jeder gewünschte, einmal (vielleicht vor Jahren, vielleicht sogar von einem anderen Forscher) eingeschlagene Gedankengang auf der Projektionsfläche — was entschieden einfacher und zuverlässiger ist, als wenn das Gehirn erst dieselben Gedankenassoziationen nochmals wieder durchlaufen muß und dann der Bibliothekar, unter Zuhilfenahme der ihm vorgelegten Liste und seines Index-Systems, die betreffenden Bücher und sonstigen Quellen eine nach der anderen heraussucht — falls sie überhaupt vorhanden sind bzw. er sie auch findet.

Es liegt auf der Hand, daß mit einem solchen Hilfsmittel ganz neue Arten von Handbüchereien und Encyclopädien aufgebaut werden können, vollkommen im Hinblick auf den jeweiligen Sonderzweck, einfach durch die mechanische Festlegung einmal durchlaufener Gedankengänge und deren Einfügung in den Memex.

**Die Verwendung des mechanisch-elektronischen Archivs.**

Der wissenschaftliche Forscher ist durchaus nicht der einzige, der Verwendung hätte für solch ein mechanisch-elektronisches Archiv. Bush erwähnt als weitere Beispiele den Anwalt, der mit einem bestimmten Fall zusammenhängende Entscheidungen und Meinungen augenblicklich zusammenstellen kann, den Patentanwalt, der unter Millionen von Patenten im Augenblick alle diejenigen zusammenstellen kann, die die Erfindung eines Klienten irgendwie betreffen könnten, den Arzt, der durch das Zusammenkommen ihm rätselhafter Symptome bei einem Patienten vor ein medizinisches Rätsel gestellt, alle möglicherweise in Frage kommenden Krankengeschichten seiner Praxis sowie die in der Literatur irgendwann einmal geschilderten schnell heraussuchen kann, den Chemiker, der eine neue organische Verbindung synthetisieren will und der unter Millionen von möglichen und durchgeführten Synthesen nach einer Analogie sucht, ja sogar den Historiker oder Soziologen, der, begraben unter einer unübersichtlichen Fülle von Tatsachen- und statistischem Material, nach einer Parallele in der Geschichte sucht.

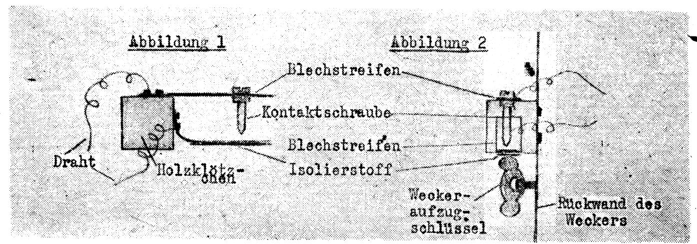
Es ist Dr. Bush' Verdienst, bewiesen zu haben, daß der von ihm als fehlend und dringlich angesehene Archiv-Automat, der die wissenschaftliche Forschung auf allen Gebieten mit einem Schritt unendlich fördern könnte, unter zweckmäßiger Anwendung und Verfeinerung vorhandener technischer Mittel morgen konstruiert werden könnte.

(André Lion.)

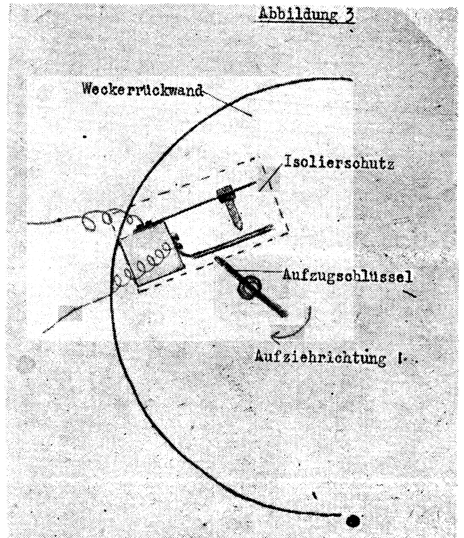
# Selbstbau eines automatischen Zeitausschalters

Am Holzklötzchen werden nach Abbildung 1 und 2 die beiden federnden Blechstreifen und die Drahtenden befestigt. Am oberen Streifen wird die zugespitzte Kontaktschraube angebracht. Die Spitze darf den unteren Streifen nicht berühren. An den unteren Streifen wird ein Isolierstoff (Gummi, Zelloluid) angeklebt. Der ganze Schalter wird nun durch Schrauben an der Rückwand des Weckers in der Nähe des Weckeraufzuges befestigt, und zwar so, wie es Abb. 2 und 3 zeigen. Die genaue Anbringung richtet sich natürlich nach dem verwendeten Modell. Der Weckerschlag wird nun so weit aufgezogen, daß der Schlüssel den unteren Streifen hebt, die Kontaktschraube berührt und damit ein Kontakt entsteht. Zur eingestellten Zeit läuft nun der Wecker ab, der Aufzugschlüssel löst sich vom Streifen und unterbricht so den Kontakt. Am Schalter selbst kann noch vorne ein Isolierschutz in Form eines Holzbrettchens (Abb. 3) angebracht werden.

Material: 1 Weckeruhr, 1 Holzklötzchen, 2 elastische Blechstreifen, 1 Kontaktschraube, Holzschrauben, Isolierstoff. — Die Ausmaße des Materials richten sich nach dem zur Verwendung kommenden Weckermodell. (Karl Silber, Gmunden.)




Oben: Abbildung 1 und 2




Nebenstehend: Abbildung 3

HEIMO HARDUNG-HARDUNG:

# RUNDFUNKEMPFANG -

## eine Aufsatzfolge

Die nachfolgende Artikelserie setzt sich zweierlei zur Aufgabe: Sie will erstens dem technisch interessierten Laien in systematischen Schritten die theoretischen Grundlagen des Rundfunkempfanges vermitteln, ohne elektrotechnische oder mathematische Kenntnisse irgend einer Art vorauszusetzen, und zweitens dem Leser zugleich die handwerklichen Anleitungen geben, die für den praktischen Aufbau der beschriebenen Geräte nötig sind. Nach einer kurzen Einleitung über das Wesentlichste aus der Elektrizitätslehre werden Empfangsgeräte aller Art vom Detektor bis zum Spitzensuper theoretisch durchbesprochen und ausführlich in ihrer praktischen Herstellung beschrieben. Sämtliche Apparate werden nur mit dem heute erhältlichen Material gebaut, jedoch sollen auch Hinweise für die Bauweise mit „Friedensbauteilen" gegeben werden. Infolge des großen Umfanges des zu behandelnden Gebietes muß im Allgemeinen jeder Artikel die Kenntnis der vorhergehenden voraussetzen, doch werden auch zeitweilig Wiederholungen bzw. Intensivierungen bereits erworbener Kenntnisse dem Leser das zeitraubende Rückblättern ersparen.

### Grundsätzliches aus der Elektrizitätslehre.

Wie uns aus der Atomphysik bekannt ist, sind zwischen den Elementarbausteinen des Atoms (neben anderen) Kräfte wirksam, die wir als elektrostatische Kräfte bezeichnen. Ueber die Ursache dieser Kräfte brauchen wir uns in diesem Rahmen nicht den Kopf zu zerbrechen, wesentlich ist nur das Faktum: es gibt zweierlei Teilchen, die sich mit eigentümlichen Kräften gegenseitig anziehen. Man sagt dann, die Teilchen trügen eine elektrische Ladung, seien „elektrisch", und gibt der einen Sorte von Ladung willkürlich das Zeichen Plus (+) und der anderen das Zeichen Minus (—). Gleichnamige Ladungen stoßen sich mit derselben Kraft ab, mit der sich ungleichnamige Ladungen anziehen. Die Größe dieser Kraft ist von dem Abstand der Ladungen abhängig und um so kleiner, je weiter die geladenen Teilchen voneinander entfernt sind. Man sagt, die Ladungen „seien von einem elektrischen Feld umgeben" und meint damit, daß eine elektrische Ladung in **jedem** Punkt des Raumes auf eine andere elektrische Ladung eine Kraft bestimmter Größe und Richtung ausübt. (Die Kraftwirkung jeder einzelnen Ladung erstreckt sich folglich bis ins Unendliche, wenngleich ihre Größe mit der Entfernung sehr rasch abnimmt.) Als praktisches Hilfsmittel zur Beschreibung dieses an sich unanschaulichen Phänomens, zur größeren Faßlichkeit der Kraftverhältnisse im Raum, hat man sich die Kraftlinien ausgedacht. Das sind Linien, deren Richtung die Richtung der wirksamen Kraft und deren Anzahl pro Quadratzentimeter die Größe der Anziehung (Abstoßung) symbolisieren. Dieses Bild ist an sich sehr anschaulich und gibt vor allem gute Rechenmöglichkeiten, ist jedoch stets nur als Fiktion zu werten und entspricht natürlich nicht der an sich unbeschreibbaren Wirklichkeit. Da in einem kompletten Atom positive und negative Ladungen in gleicher Anzahl vorhanden sind, heben sich nach außen ihre Wirkungen nahezu auf. Es ist aber ganz leicht möglich, dem Atom einige seiner negativen Ladungen, die an der Oberfläche sitzen, zu entreißen. Dadurch überwiegen die positiven Ladungen im Atomkern und das gesamte Atom scheint nach außen elektrisch positiv geladen. Auf diese Weise kann man nicht nur Atome, sondern auch „große" Körper elektrisch laden. Ein Mangel an negativen Ladungen (Elektronen) bedeutet dann positive Ladung, während ein Ueberschuß an diesen Teilchen negative Ladung bedeutet. Die Kraftwirkung zwischen zwei geladenen „großen" Körpern ist dann selbstredend nur die Summe der unzähligen Kräfte zwischen den Elementarteilchen.

Es gibt nun Substanzen, bei denen die Elektronen schwer abzulösen sind (Isolatoren), und solche, bei denen die Elektronen fast völlig frei beweglich sind (Leiter), dazwischen natürlich eine Unzahl von Uebergangsstufen. Will man eine Elektronenbewegung in eine bestimmte Bahn lenken, dann benützt man dazu vorteilhaft einen Leiter, der mit einem Isolator umgeben ist, da die Elektronen sich fast ausschließlich im Leiter bewegen können. Jedwede Bewegung von Elektronen oder positiven Ladungsträgern bezeichnet man als elektrischen Strom. Da die positiven Ladungen im allgemeinen an den Kern des Atoms fest gebunden sind, können sie in festen Stoffen nicht wandern. Elektrische Ströme in festen Materialien beschränken sich daher auf Elektronenbewegungen. In Flüssigkeiten und Gasen wandern neben den Elektronen aber auch die positiven Atomreste, was u. U. zu sehr verwickelten Erscheinungen Anlaß gibt. Die Verschiebung von Ladungsträgern ist meist die Folge eines elektrischen Kraftfeldes, die Teilchen werden unter der Einwirkung einer Abstoßung (Anziehung) im Leiter nach einer Richtung bewegt, wobei sich diese Bewegung nach außen durch drei kennzeichnende Auswirkungen kundtut.

1. Bei allen elektrischen Strömen treten neue zusätzliche Kräfte auf, die wir als magnetische Kräfte bezeichnen. Zwei parallel ausgespannte Drähte, die gleichsinnig von einem elektrischen Strom durchflossen werden, ziehen sich (in völliger Analogie zu der elektrostatischen Anziehung) mit einer Kraft an, die um so größer ist, je näher die Drähte einander sind und je größer der Strom ist, der sie durchfließt. Selbstredend steigt die Anziehung auch mit der Drahtlänge (Summierung der einzelnen, pro Drahtstück ausgeübten Kräfte). Um die Kraftwirkung eines unhandlichen, langen Drahtes auf einen engeren Raum zusammenzudrängen, wickelt man Spulen und vereinigt so deren Summe im Spuleninneren. Jeder elektrische Strom erzeugt ein Magnetfeld und jedes Magnetfeld ist umgekehrt auf einen elektrischen Strom zurückzuführen. (Bei Stahlmagneten fließen molekulare Ströme.) Ein Magnetfeld zeigt aber neben der Analogie zur statischen Anziehung noch eine sehr bemerkenswerte Eigenschaft. Wird sein Kraftfeld verändert (in unseren Augen also die Kraftlinien bewegt), so entsteht ein elektrisches Feld so lange, als die Veränderung des Magnetfeldes andauert. Ein sich änderndes Magnetfeld erzeugt daher in einem Leiter einen Strom, denn das entstehende elektrische Feld verursacht eine Bewegung der Elektronen im Leiter. Natürlich ist es an sich gleichgültig, auf welche Weise eine Veränderung des Magnetfeldes für den Leiter herbeigeführt wird. Ob sich die Magnetspule bewegt und so dem stillstehenden Leiter eine Bewegung des Magnetfeldes „vortäuscht" oder ob sich der Leiter selbst im fixen Magnetfeld befindet, ist völlig äquivalent. In beiden Fällen wird in dem Leiter ein Strom „induziert". Die Abnahme des Magnetfeldes — wie sie für den Leiter etwa bei Entfernen der Magnetspule auftritt — kann man aber auch dadurch erreichen, daß man den

Spulenstrom verkleinert und dadurch die Magnetkraft verringert, was für den Leiter dasselbe bedeutet, wie eine Entfernung von der Ursache des Magnetfeldes, in diesem Falle der Spule. Halten wir diese wichtige Tatsache noch einmal fest! Eine Veränderung eines elektrischen Stromes bewirkt in jedem Leiter (denn auch das Magnetfeld geht bis unendlich) einen elektrischen Strom. Womit die Prinzipien der drahtlosen Uebertragung eigentlich schon klar erkennbar sind. In einem Leiter (Sendeantenne) wird ein stark sich ändernder Strom erzeugt, dessen Magnetfeld in einem zweiten Leiter (Empfangsantenne) einen Strom induziert. Freilich wird dieser induzierte Strom mit größerer Entfernung nur mehr sehr schwach in Erscheinung treten, aber mittels der modernen Elektronenröhren ist es dennoch möglich, diese schwachen Ströme so weit zu verstärken, daß sie imstande sind, einen Lautsprecher zu betreiben.

2. Die zweite Wirkung des elektrischen Stromes ist eine in den meisten Fällen unerwünschte: Das Bewegen der Elektronen durch einen Leiter, d. h. das Loslösen von den Atomen, erfordert natürlich eine gewisse Arbeit, es scheint so, als besäße der Leiter eine gewisse „Reibung" in bezug auf Elektronen und die zur Ueberwindung dieser Reibung aufgewandte Kraft tritt als Wärme in Erscheinung. Von einigen ganz kuriosen Ausnahmen abgesehen, wird jeder Leiter durch einen durchfließenden Strom erwärmt.

3. Bei einer Reihe von Leitern (meist flüssige) verursacht ein elektrischer Strom eine chemische Zersetzung des Leiters, doch ist dies für die Rundfunktechnik kaum von Bedeutung.

Wir sagten vorhin, daß als Ursache eines elektrischen Stromes im allgemeinen ein elektrisches Feld anzusehen ist. Es ist nun einleuchtend, daß die Schnelligkeit, mit der sich die Elektronen durch den Leiter bewegen, von der Stärke dieses elektrischen Feldes abhängt und um so größer sein wird, je kräftiger die Anziehung oder Abstoßung einwirkt. Um dies messend verfolgen zu können, prägte man den Begriff „Spannung" mit der Einheit „Volt"*), dessen Definition uns hier nicht weiter beschweren soll. Weiters ist es wesentlich, wie viele Elektronen den Leiter durchwandern, und so wählte man für diese „Ladungsmenge" eine Einheit mit dem Namen „Coulomb". Für dauernd fließende Ströme ist es bequemer, in Ladungsmenge pro Zeiteinheit zu messen; die so definierte Einheit der „Stromstärke" heißt „Ampere" und besagt, daß in dem Leiter pro Sekunde eine Landungsmenge von 1 Coulomb durch einen beliebigen Querschnitt transportiert wird. Stromstärke und Spannung sind in dem elementarsten Gesetz der Elektrotechnik, dem Ohmschen Gesetz*) mathematisch verknüpft, der Quotient aus Spannung und Strom heißt „Widerstand" mit der Einheit „Ohm".

**Die Antenne.**

Wenn wir die Aenderungen des Magnetfeldes von Rundfunksendern aufnehmen wollen, so läßt sich dazu eigentlich jeder beliebige Leiter verwenden, denn in jedem Leiter wird ja ein Strom induziert. Die Praxis erfordert jedoch zur besten Ausnützung des am Empfangsorte vorhandenen Magnetfeldes die Verwendung möglichst langer und hoch gespannter Drähte. Die in dieser Antenne induzierten Ströme sollen über unseren Empfänger nach Erde fließen, weswegen die Antenne natürlich isoliert aufzuhängen ist, denn alle Aufhängungspunkte, wie Mauerhaken, Maste, Bäume usw. stehen mit Erde mehr oder weniger in leitender Verbindung und würden Ströme am Empfänger vorbei nach Erde fließen lassen. Nachdem wir reiflich überlegt haben, wo unter den obgenannten Gesichtspunkten die Antenne am günstigsten anzubringen ist, besorgen wir uns Antennenlitze (oder einen anderen wetterbeständigen und zugfesten Draht) in der nötigen Länge (einschließlich Zuleitung!), 6 Isolier-Eier, einen Blitzschutzschalter, einige Meter isolierten Draht, eine normale Steckdose und starken Draht (mindestens 3 mm) für die Erdleitung. Sie wird auf kurzem Wege, möglichst nicht in der Wohnung, zum nächsten gut geerdeten Objekt geführt (Wasserleitung, Blitzableiter, Brunnen, u. U. Regentraufe, aber nicht Gasleitung). Dabei vermeiden wir scharfe Knicke und Biegungen in der Leitung. Hierauf verfertigen wir uns die beiden Isolierketten, indem wir in etwa 10—20 cm Abstand je drei „Antennen-Eier" hintereinander befestigen. Dabei wird der Draht jeweils einfach durch die Oeffnung des Isolators hindurchgestreckt, zurückgebogen und verdrillt. Zweckmäßigerweise hält man dazu die beiden Drähte zusammen, während man den Isolator dreht.

Nun ein paar Worte über die Aufhängepunkte der Antenne. Je nach äußeren Umständen wird man natürlich Mauerhaken, Rauchfänge, Masten o. a. zur Abstützung heranziehen, muß sich aber gründlich davon überzeugen, daß diese auch tatsächlich einer starken Belastung, wie sie beispielsweise bei starkem Wind auftritt, gewachsen sind. Kleine Mauerhaken schlägt man nicht direkt in die Mauer, sondern in ein gut eingegipstes Stück Holz. Bei der Befestigung an Schornsteinen (was immer eine riskante Sache ist), legt man eine Drahtschlinge um den Schornstein und unterlegt an den Auflagestellen Blechstücke, damit sich der Draht nicht durchscheuert. Bäume zieht man besser nicht zur Abspannung heran, da sie bei Wind starke Schwankungen ausführen, die der Antenne auf die Dauer nicht zuträglich sind. Der Antennendraht soll samt Zuleitung aus einem Stück sein. Der Erdungsschalter hat nicht nur den Zweck, bei einem tatsächlichen Blitzeinschlag in die Antenne als Blitzableiter zu dienen, sondern vor allem, um die bei allen Gewittern entstehenden Ueberspannungen in der Antenne am Empfänger vorbei nach Erde zu leiten. Die Antenne wird zu dem beweglichen Teil des Schalters geführt und solid angeschraubt. Sie kann so wahlweise auf Empfänger oder Erde umgeschaltet werden. Beide Drähte, Erdung und Antenne, führen wir (Antenne isoliert) zu einer in der Nähe unseres Basteltisches montierten Steckdose.

Wer nicht in der Lage ist, sich eine Hochantenne zu basteln, der kann auch mit einem im Zimmer isoliert verlegten Draht das Auslangen finden, muß sich aber mit einer erheblich geringeren Lautstärke begnügen. Bei einer Zimmerantenne entfällt natürlich der Blitzschutz. Steht für die Erdung keine der vorgenannten Anschlußmöglichkeiten zur Verfügung, so graben wir ein größeres, verzinktes Eisenblech in weiche Erde (etwa 2 m tief) ein, nachdem wir vorher den Erdleitungsdraht solid daran befestigt hatten.

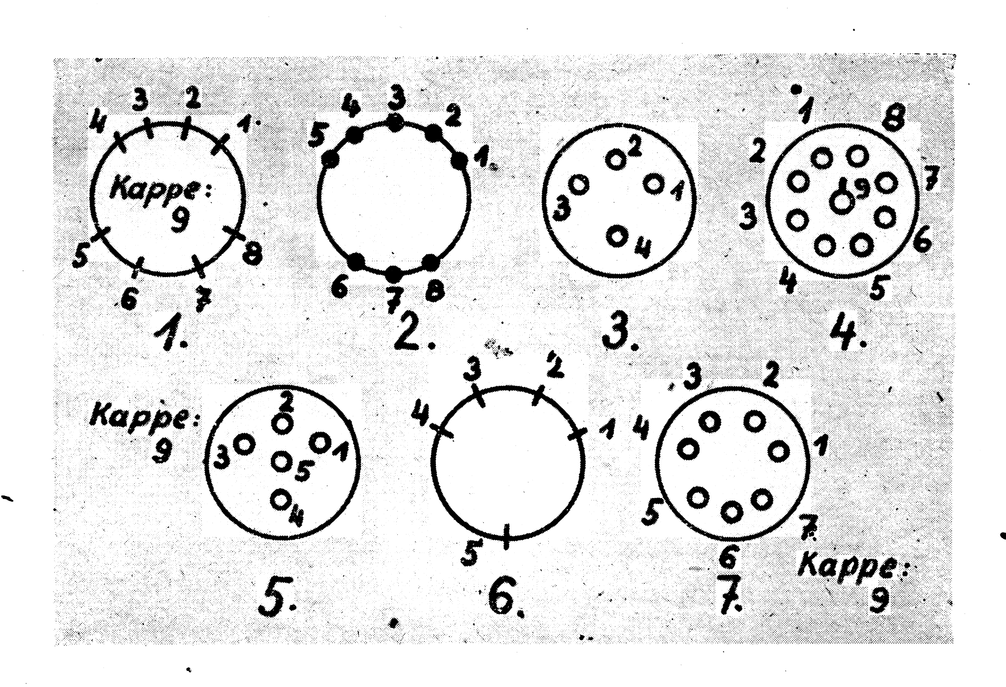
Damit sind die Vorarbeiten getan und wir können in der nächsten Nummer ohne Verzögerung an den Bau unseres ersten Empfängers gehen.

*) Siehe „elektron" Elektrokurs für den Anfänger.

# Kennbuchstaben der europäischen Röhrenbezeichnungen

| Kennbuchstabe | an 1. Stelle (Heizung) | an 2., bzw. 3. Stelle (Art des Systems) | Kennbuchstabe | an 1. Stelle (Heizung) | an 2., bzw. 3. Stelle (Art des Systems) |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 4 V, indirekt geheizt | Diode | K | 2 V, direkt geheizte Batterieröhre | Oktode (Mischröhre) |
| B | 180 mA, indirekt geheizte Serienröhre | Duodiode | L | — | Endpentode |
| C | 200 mA, indirekt geheizte Serienröhre | Triode | M | — | Magisches Auge |
| D | 1,2 V, direkt geheizte Batterieröhre | Endtriode | U | 100 mA, indirekt geheizte Serienröhre | |
| E | 6,3 V, indirekt geheizt | Tetrode | V | 50 mA, indirekt geheizte Serienröhre | |
| F | 13 V, indirekt geheizte Autoröhre | H. F.-Pentode | X | — | Doppelweggleichrichter mit Gasfüllung |
| H | 4 V, direkt geheizte Batterieröhre | Hexode oder Heptode | Y | — | Einweggleichrichter |
| | | | Z | — | Doppelweggleichrichter |

Die arabischen Ziffern unterscheiden die Röhren nach Entwicklungsfolge bzw. Entwicklungsfirma (11er Serie Telefunken; 21er Serie Philips).




## Erklärung für die in Spalte „Verwendung" gebrauchten Abkürzungen

NF . . . . . . . . . . . . Niederfrequenzverstärker
WV . . . . . . . . . . . . Widerstandsverstärker
E . . . . . . . . . . . . Endröhre
Osz. . . . . . . . . . . . Oszillator
A, B, AB } Gegentakt . . . . . . A-Verstärker, B-Verstärker, AB-Verstärker
D.Gl. . . . . . . . . . . . Diodengleichrichter
M . . . . . . . . . . . . Mischröhre
MR . . . . . . . . . . . . Mischröhre, geregelt
MA . . . . . . . . . . . . Magisches Auge
HF . . . . . . . . . . . . Hochfrequenzverstärker
HFR . . . . . . . . . . . . Hochfrequenzverstärker, geregelt
ZF . . . . . . . . . . . . Zwischenfrequenzverstärker
ZFR . . . . . . . . . . . . Zwischenfrequenzverstärker, geregelt
Z . . . . . . . . . . . . Doppelweggleichrichter

Gitter-Wechselspannungsbedarf und Sprechleistung gelten bei den in A-, AB- und B-Schaltung angeführten Röhrentypen immer für zwei in Gegentakt geschaltete Röhren, der Außenwiderstand ist von Anode zu Anode gemessen.

⟶

# Daten und Sockelschaltungen aller A-Röhren

Viele unserer Leser haben den Wunsch nach einer genauen und übersichtleichen Zusammenstellung aller gebräuchlichen Rundfunkröhren geäußert. Unsere Röhrenkartei erfüllt nun diesen Wunsch umfassend, hat natürlich aber den Nachteil, eine gewisse Zeit zu beanspruchen, um mit allen Röhrentypen durchzukommen. Wir haben uns daher entschlossen, neben der Röhrenkartei Uebersichten aller gebräuchlichen Empfängerröhren zu bringen und beginnen dementsprechend in dieser Folge mit der A-Serie.

| Röhre | Heizung Art | Spann. Uh V | Strom Jh A | Verwendung | Betriebsdaten: Anoden-spannung UA V | Anoden-strom JA mA | Spannung an G1 Ug1 V | Schirmg.-Spannung Ug2 V | Schirmg.-Strom Jg2 mA | Bremsg.-Spannung Ug3 V | Steilheit S mA/V | Durchgriff D % | Innen-widerst. Ri KΩ | Außen-widerst. Ra KΩ | Kathoden-widerst. Rk KΩ | Schirmg.-Widerst. Rg2 KΩ | Sprech-leistung 𝔑 W | Max.-Werte: Betriebs-spannung UB V | Schirmg.-Spannung Ug2 V | Anoden-verlustl. Na W | Schirmg.-Belastung NG2 W | Gitter-widerst. Rg1 MΩ | Sockeldaten: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Kappe 9 | Sockel-Nr. | Röhre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ABC 1 | ind. | 4 | 0,65 | NF<br>WV | 250<br>250 | 4<br>0,85 | -7<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | 2<br>— | 3,7<br>— | 13,5<br>— | —<br>200 | 1,75<br>3,2 | —<br>— | —<br>— | 300 | — | 1,5 | — | 1,5 | M | F | F | K | D1 | D2 | — | A | G1 | 1 | ABC 1 |
| ABL 1 | ind. | 4 | 2,4 | E | 250 | 36 | -6 | 250 | 5 | — | 9,5 | — | 50 | 7 | 0,15 | — | 4,3 | 260 | 260 | 9 | 1,5 | 1 | — | F | F | M<br>K,G3 | D1 | D2 | G2 | A | G1 | 1 | ABL 1 |
| AB 1 | ind. | 4 | 0,65 | D.GL. | 200 | 0,8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 200 | — | — | — | — | F | M | F | A1 | K | — | — | — | A2 | 5 | AB 1 |
| AB 2 | ind. | 4 | 0,65 | D.GL. | 200 | 0,8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 200 | — | — | — | — | A1 | F | F | K,M | A2 | — | — | — | — | 6 | AB 2 |
| ACH 1 | ind. | 4 | 1,0 | Osz.<br>MR | 300<br>300 | 5<br>2,5 | -15<br>-2,-12 | —<br>70 | —<br>3,5 | —<br>-15 | —<br>0,75 | 7,5<br>— | 6,7<br>>800 | 30<br>— | 0,22 | —<br>— | —<br>— | 300<br>300 | —<br>125 | 1,5<br>1,5 | —<br>0,5 | 0,02<br>3 | M<br>K | F | F | G2+4 | ATr. | GTr<br>+G3 | A | — | G1 | 7 | ACH 1 |
| AC 2 | ind. | 4 | 0,65 | NF,Osz.<br>WV | 250<br>250 | 6<br>0,75 | -5,5<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | 2,5<br>— | 3,3<br>— | 12<br>— | —<br>200 | 0,9<br>5 | —<br>— | —<br>— | 300 | — | 2 | — | 1,5 | M | F | F | K | — | — | — | A | G1 | 1 | AC 2 |
| AD 1 | dir. | 4 | 0,95 | E<br>B<br>A<br>AB | 250<br>250<br>250<br>250 | 60<br>5<br>60<br>30 | -45<br>-60<br>—<br>-52 | —<br>—<br>—<br>— | —<br>—<br>—<br>— | —<br>—<br>—<br>— | 6<br>—<br>—<br>— | 2,5<br>—<br>—<br>— | 0,67<br>—<br>0,67<br>2,2 | 2,3<br>2,5<br>3,2<br>4 | 0,75<br>—<br>0,75<br>— | —<br>—<br>—<br>— | 4,2<br>12,8<br>9,5<br>9 | 300 | — | 15 | — | 0,7 | M | F | F | — | — | G1 | — | A | — | 1 | AD 1 |
| AD 1/350 | dir. | 4 | 0,95 | AB<br>AB<br>AB<br>AB | 300<br>300<br>350<br>350 | 50<br>50<br>42<br>42 | —<br>-54<br>—<br>-66 | —<br>—<br>—<br>— | —<br>—<br>—<br>— | —<br>—<br>—<br>— | —<br>—<br>—<br>— | —<br>—<br>—<br>— | 0,8<br>0,8<br>1,2<br>1,2 | 5<br>3,5<br>7<br>5 | 1,25<br>—<br>1,8<br>— | —<br>—<br>—<br>— | 13,5<br>15<br>16<br>18 | 350 | — | 15 | — | 0,7 | M | F | F | — | — | G1 | — | A | — | 1 | AD 1/350 |
| AF 2 | ind. | 4 | 1,1 | HFR<br>ZFR | 200 | 4,25 | -2,-18 | 100 | 1,8 | — | 2,5 | — | 1400 | — | 0,3 | — | — | 250 | 125 | 1,5 | 0,3 | 2 | F | G1 | F | G2 | M<br>K,G3 | — | — | — | A | 5 | AF 2 |
| AF 3 | ind. | 4 | 0,65 | HFR<br>ZFR | 250 | 8 | -3,-38 | 100 | 2,6 | 0 | 1,8 | 1,0 | 1200 | — | 0,3 | — | — | 300 | 125 | 2 | 0,4 | 2,5 | M | F | F | K | G3 | — | G2 | A | G1 | 1 | AF 3 |
| AF 7 | ind. | 4 | 0,65 | HF,ZF<br>WV | 250<br>250 | 3<br>0,9 | -2<br>— | 100<br>— | 1<br>0,4 | 0<br>0 | 2,1<br>— | 3,8<br>— | 2000<br>— | —<br>200 | 0,5<br>2,5 | —<br>400 | —<br>— | 300 | 125 | 1 | 0,3 | 1,5 | M | F | F | K | G3 | — | G2 | A | G1 | 1 | AF 7 |
| AH 1 | ind. | 4 | 0,65 | HFR,ZFR<br>MR | 250<br>250 | 3<br>— | -2,-15<br>-2,-14 | 80<br>80 |  | -2,-15<br>-12 | 1,8<br>0,55 | —<br>— | 2000<br>2000 | —<br>— | 0,5<br>0,5 | —<br>— | —<br>— | 300 | 125 | 1,5 | 0,5 | 0,05<br>2,5 | M | F | F | K | G3 | G4 | G2 | A | G1 | 1 | AH 1 |
| AK 1 | ind. | 4 | 0,65 | MR+<br>Osz. | 250 | 1,6 | -95,-15 | 90 |  | 70 | 0,6<br><0,002 | — | 1600<br>>10000 | — | 0,2 | — | — | 300 | 90,70 | 0,5 | 0,3,0,5 | 0,05<br>2,5 | M<br>K,G6 | F | F | G3+<br>G5 | G1 | G2 | A | — | G4 | 7 | AK 1 |
| AK 2 | ind. | 4 | 0,65 | MR+<br>Osz. | 250 | <0,045 | -95,-25 | 90 |  | 70 | 0,6<br><0,002 | — | 1600<br>>10000 | — | 0,2 | — | — | 300 | 90,70 | 0,5 | 0,3,0,5 | 0,05<br>2,5 | M | F | F | K,G6 | G2 | G1 | G3+5 | A | G4 | 1 | AK 2 |

| Röhre | Heizung | | | Verwendung | Betriebsdaten | | | | | | | | | | | | | Max.-Werte | | | | | Sockeldaten | | | | | | | | | Sockel-Nr. | Röhre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Art | Spann. Uh V | Strom Jh A | | Anoden-spannung UA V | Anoden-strom JA mA | Spannung an G1 Ug1 V | Schirmg.-Spannung Ug2 V | Schirmg.-Strom Jg2 mA | Bremsg.-Spannung Ug3 V | Steilheit S mA/V | Durchgriff D % | Innen-widerst. Ri KΩ | Außen-widerst. Ra KΩ | Kathoden-widerst. Rk KΩ | Schirmg.-Widerst. Rg2 KΩ | Sprech-leistung 𝔑 W | Betriebs-spannung UB V | Schirmg.-Spannung Ug2 V | Anoden-verlustl. Na W | Schirmg.-Belastung NG2 W | Gitter-widerst. Rg1 MΩ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Kappe 9 | | |
| AL 1 | dir | 4 | 1,1 | E | 250 | 36 | -15 | 250 | 6,8 | — | 2,8 | — | 43 | 7 | 0,35 | — | 3,1 | 260 | 260 | 9 | 2,5 | 0,8 | — | F | F,G3 | — | — | G1 | G2 | A | — | 1 | AL 1 |
| AL 2 | ind | 4 | 1,0 | E | 250 | 36 | -25 | 250 | 5 | — | 2,6 | 30 | 60 | 7 | 0,6 | — | 3,8 | 260 | 260 | 9 | 1,5 | 0,7 | — | F | F | K,G3 | — | — | G2 | A | G1 | 1 | AL 2 |
| AL 3 | ind | 4 | 1,85 | E | 250 | 36 | -6 | 250 | 5 | — | 9,5 | 4 | 50 | 7 | 0,15 | — | 4,3 | 250 | 250 | 9 | 1,5 | 1 | — | F | F | K,G3 | — | G1 | G2 | A | — | 1 | AL 3 |
| AL 4 | ind | 4 | 1,75 | E<br>A<br>B | 250<br>250<br>250 | 36<br>36<br>24 | -6<br>—<br>— | 250<br>250<br>250 | 5<br>5<br>2,8 | —<br>—<br>— | 9,5<br>—<br>— | 4<br>—<br>— | 50<br>43<br>60 | 7<br>11<br>10 | 0,15<br>0,16<br>0,28 | —<br>—<br>— | 4,3<br>8<br>8,2 | 260 | 260 | 9 | 1,5 | 1 | — | F | F | K,G3 | — | G1 | G2 | A | — | 1 | AL 4 |
| AL 4/375 | ind | 4 | 1,75 | AB<br>AB | 375<br>375 | 24<br>24 | —<br>-7,4 | 250<br>250 | 3,5<br>3,5 | —<br>— | —<br>— | —<br>— | 60<br>60 | 15<br>15 | 0,28<br>— | 35<br>35 | 12<br>14 | 375 | 260 | 9 | 1,5 | 1 | — | F | F | K,G3 | — | G1 | G2 | A | — | 1 | AL 4/375 |
| AL 5 | ind | 4 | 2,0 | E<br>AB | 250<br>275 | 72<br>58 | -14<br>— | 275<br>275 | 7<br>6,3 | —<br>— | 8,5<br>— | —<br>— | 22<br>22 | 3,5<br>4,5 | 0,175<br>0,24 | —<br>— | 8,8<br>19,5 | 275 | 275 | 18 | 2 | 0,7 | — | F | F | K,G3 | — | G1 | G2 | A | — | 1 | AL 5 |
| AL 5/375 | ind | 4 | 2 | AB<br>AB<br>AB<br>AB | 375<br>375<br>375<br>375 | 48<br>48<br>60<br>60 | —<br>-19,5<br>—<br>-22 | 275<br>275<br>325<br>325 | 5<br>6<br>8,5<br>8,5 | —<br>—<br>—<br>— | —<br>—<br>—<br>— | —<br>—<br>—<br>— | 25<br>25<br>25<br>25 | 8<br>6<br>4,5<br>4 | 0,3<br>—<br>0,3<br>— | 20<br>17<br>—<br>— | 30<br>40<br>25<br>35 | 375 | 325 | 18 | 2 | 0,7 | — | F | F | K,G3 | — | G1 | G2 | A | — | 1 | AL 5/375 |
| AM 1 | ind | 4 | 0,3 | MA | 250 | 0,09 bis 0,02 | 0,-5 | — | — | — | — | — | — | — | 0,13 | — | — | 275 | — | — | — | 3 | — | F | F | K,G1 | — | G1' | L | A,ST | — | 1 | AM 1 |
| AM 2 | ind | 4 | 0,32 | MA<br>WV | 250<br>250 | 0,9,0,1<br>0,7 | +3-6<br>-3,5 | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>2 | —<br>2 | —<br>25 | —<br>100 | —<br>1,2 | —<br>— | —<br>— | 150—250<br>300 | —<br>— | —<br>1,5 | —<br>— | 2,5<br>2,5 | — | F | F | K | G1 | G1' | L | A,ST | — | 1 | AM 2 |
| AX 1 | dir | 4 | 2,0 | Z | 250<br>2× | 125 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | F | A1 | F | A2 | — | — | — | — | — | 3 | AX 1 |
| AX 50 | dir | 4 | 3,75 | Z | 250<br>2× | 250 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | F | A1 | F | A2 | — | — | — | — | — | 3 | AX 50 |
| AZ 1 | dir | 4 | 1,1 | Z | 2×500<br>2×400<br>2×300 | 60<br>75<br>100 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | F | F | — | A1 | — | — | A2 | — | 1 | AZ 1 |
| AZ 4 | dir | 4 | 2,3 | Z | 2×500<br>2×400<br>2×300 | 120<br>150<br>200 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | F | F | — | A1 | — | — | A2 | — | 1 | AZ 4 |
| AZ 11 | dir | 4 | 1,1 | Z | 2×500<br>2×400<br>2×300 | 60<br>75<br>100 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | A1 | — | F | F | — | — | — | A2 | — | 2 | AZ 11 |
| AZ 11N | dir | 4 | 1,1 | Z | 2×500<br>2×400<br>2×300 | 60<br>75<br>100 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | A1 | — | F | F | — | — | — | A2 | — | 2 | AZ 11N |
| AZ 12 | dir | 4 | 2,2 | Z | 2×500<br>2×400<br>2×300 | 120<br>150<br>200 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | A1 | — | F | F | — | — | — | A2 | — | 2 | AZ 12 |
| AZ 21 | dir | 4 | 1,3 | Z | 2×500<br>2×400<br>2×300 | 70<br>90<br>120 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | F | A1 | A1 | — | K | A2 | A2 | F | — | 4 | AZ 21 |
| AZ 50 | dir | 4 | 3 | Z | 2×500<br>2×300 | 250<br>300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | F | A1 | F | A2 | — | — | — | — | — | 3 | AZ 50 |

ERICH VOGL

# Das Magnetophon im Sendebetrieb

## Magnetophon-Aufnahmetechnik

Fortsetzung und Schluß aus Heft 2/1947

### Studio-Aufnahmen.

Nun wollen wir den Vorgang bei einer Studio-Aufnahme näher ins Auge fassen. An Hand der Abbildung 5 möge die Zusammenarbeit zwischen Studio, Regie- und Aufnahmeraum erläutert werden. Mit diesen drei Räumen sind die wichtigsten Einheiten des Rundfunk-Betriebes dargestellt, die, je nach Größe und Aufgabenkreis des Funkhauses, in mehrfacher Anzahl vorhanden sind. Die Verbindung der einzelnen Einheiten miteinander, sowie zum eigentlichen Sender, wird im sogenannten Hauptverstärker- und Schaltraum vorgenommen. Trotz der Unterschiede in der Innenschaltung verschiedener Anlagen gehen alle Studioeinrichtungen im Prinzip auf die in Abbildung 5 gezeichnete Schaltung zurück. Wir betrachten die Herstellung einer sogenannten „gebauten" Sendung, bestehend aus Originalwort (z. B. Zwischenansagen), Gesang, eingespielten Platten und Bändern. Derartige Aufnahmen erfordern ein hohes Maß an Probenarbeit, wenn sie direkt gesendet (also direkt vom Mikrophon zum Sender laufen) oder durchlaufend aufgenommen werden sollen. Durch die Bandaufnahme ist jedoch die Möglichkeit gegeben, beliebig oft zu unterbrechen, fehlerhafte Teile zu wiederholen und neu fortzusetzen. Durch eine derartige Arbeitsmethode wird mindestens die Hälfte der Probenarbeit, also eine Menge Zeit und Geld, eingespart

Wie geht eine derartige Aufnahme nun vor sich? Wir betrachten Abbildung 5 und nehmen an, daß die Aufnahme mit Musik von einer Schallplatte beginnen würde. Nach telephonischer Verständigung zwischen Regie-Raum und Aufnahme-Raum und „Fertig"-Meldung der Aufnahme erfolgt Kommando „Band los!" über Telephon oder das nicht gezeichnete Regie-(Gegensprech-)Mikrophon. Natürlich kann diese Verständigung zweckmäßig auch durch eine Lichtsignalanlage vorgenommen werden. Einige Sekunden nach dem Startkommando wird die einzuspielende Platte laufen gelassen und Regler $R_2$ geöffnet. Es kommt folgender Stromweg zustande: Tonabnehmer P des Plattenspielers — Schalter $S_2$ — Regler $R_2$ — Verstärker V — Aussteuerung wird auf Instrument J kontrolliert — Mischpultausgang, Leitung **I** — Verbindung im Schaltraum — Magnetophoneingang, Leitung **V** — Regler $R_A$ — Aussteuerungskontrolle J — $T_1$ — Aufnahmekopf A (Laufwerk 1). An dem Kopf lauft das Band vorbei und wird magnetisiert. Der Wiedergabekopf W nimmt die Modulation zur Kontrolle wieder ab. Wiedergabekopf W (Laufwerk 1) — Ueberblender Ü (a—d) (Innenschaltung des Ueberblenders siehe Abbildung 7) — Magnetophonausgang, Leitung **VI** — Verbindung im Schaltraum — Mischpult, Leitung III — $S_K$ Stellung 2 — Verstärker $V_K$ — Kontroll-Lautsprecher $L_K$.

Im Regie-Raum wird daher während der Aufnahme das bereits aufgenommene Band im Lautsprecher abgehört. Schalter $S_K$ gestattet, für Vergleichszwecke (sowie bei direkter Sendung) auch den Mischpultausgang abzuhören. Im Aufnahmeraum wird selbstverständlich ebenfalls das bereits aufgenommene Band abgehört. Dazu muß $S_A$ in Stellung 3 stehen. Vor der Aufnahme jedoch wird der Eingang abgehört ($S_A$ in Stellung 1), um evtl. Aufnahmekommando usw. hören zu können.

Nun wieder zu unserer betrachteten Studioaufnahme. Nach einigen Sekunden Spieldauer möge die Musik von der Platte mit $R_2$ zurückgenommen und der Regler $R_1$ geöffnet werden. Sprecher bekommt Einsatzzeichen für Ansage. Wenn $R_2$ noch ein wenig geöffnet bleibt, so ist die Ansage mit Musik untermalt. An die Ansage möge sich z. B. eine kurze Hörszene anschließen und darauf ein Lied von einem Band folgen. Dieses Band ist auf Laufwerk 2 schon eingespannt und bereit zum Abspielen. Um den Anfang des Bandes einstellen zu können, wurde der Abhörlautsprecher solange auf „Wiedergabe" ($S_A$ in Stellung 2) gelegt. Laufwerk 2 mit dem wiederzugebenden Band wird genau auf Lichtzeichen oder vereinbartes Stichwort laufen gelassen. Jetzt kommt folgender Stromweg zustande: Wiedergabekopf W (Laufwerk 2) — Ueberblender Ü (b—c) — Magnetophonausgang, Leitung **IV** — Verbindung im Schaltraum — Mischpulteingang, Leitung **II** — $S_3$ — Regler $R_3$ (wird im richtigen Moment geöffnet) — Verstärker V — und weiter wie oben. Bis jetzt ist das aufnehmende Band (Laufwerk 1) glatt durchgelaufen. Nehmen wir an, einem der mitwirkenden Schauspieler wäre ein Sprechfehler unterlaufen. Das Band wird sofort gestoppt und ein Stück rücklaufen gelassen. Nun wird eine passende Stelle für neuen Einsatz gesucht. Man wird also einen sinngemäßen Absatz oder eine kurze Pause zwischen zwei Sätzen finden. Vom Regieraum wird das Stichwort dem Techniker im Aufnahmeraum über Telephon und dem Sprecher über Regie-Mikrophon bekanntgegeben. Das Band wird nun so eingestellt, daß die Köpfe einige Sätze vor der neuen Einsatzstelle stehen. Das heißt, daß man nach Anlaufen des Bandes erst einige Sätze hört, die auf dem Band bleiben sollen, und dann erst kommt die neue Einsatzstelle, von der an neu aufgenommen werden soll. Mit dieser Einstellung ist alles bereit. Und jetzt kommt der Trick! Der Aufnahmetechniker läßt das Laufwerk nicht einfach anfahren, indem er den Knopf „Aufnahme" drückt, denn dann würden ja die letzten Worte bis zur Einsatzstelle gelöscht werden. Man darf auch nicht erst „Wiedergabe" und dann genau an der Einsatzstelle den Knopt „Aufnahme" drücken. Damit würde wohl der geforderte Erfolg erzielt, doch käme gleichzeitig der Schaltstromstoß („Wiedergabe"—„Aufnahme") als Knacks auf das Band. Der zweckmäßige Vorgang ist folgender: Der Aufnahmetechniker hebt mit einer geeigneten Vorrichtung das Band von Lösch- und Aufnahmekopf ab. Vom Regieraum kommt Lichtsignal „Band los!". Er drückt den Knopf „Aufnahme" und läßt damit das Band laufen. Das Band ist vom Lösch- und Aufnahmekopf abgehoben, liegt jedoch am Wiedergabekopf an. Daher ist aus den Lautsprechern das bereits aufgenommene Band bis

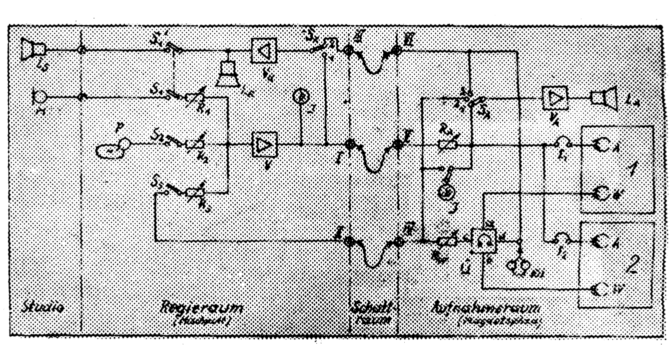



Abbildung 5

zur Einsatzstelle zu hören. Und zwar auch im Studio-Lautsprecher, da Schalter $S_1$' mit Schalter $S_1$ geöffnet wurde. Die Mitwirkenden hören daher auch mit, und zwar bis zum vereinbarten Stichwort der Einsatzstelle. Sobald dieses erklingt, geschieht genau im gleichen Moment folgendes:

Der Sprecher setzt fort, und zwar so, als hätte er das Stichwort einfach von einem der Mitwirkenden erhalten. Gleichzeitig wurde am Mischpult mit $S_1$ das Mikrophon eingeschaltet und mit $S_1$' der Studio-Lautsprecher abgeschaltet. Gleichzeitig wurde im Aufnahmeraum das Band losgelassen, das heißt mit Hilfe der Abhebevorrichtung wieder an Aufnahme- und Löschkopf angelegt. Die nach dem Stichwort gesprochenen Worte werden daher neu aufgenommen. Genau dieselbe Methode kann nicht nur im gesprochenen Wort, sondern genau so in einem Musikstück, einem Klaviervortrag usw. angewendet werden. Dabei ist es lediglich nötig, eine charakteristische Einsatzstelle zu suchen. Oft ist es günstig, wenn schon vor der Einsatzstelle von den Ausführenden mitgespielt wird. Dann ist der Einsatz nicht mehr kritisch.

### Umschnitt.

Es ist oft nötig, eine bereits gemachte Aufnahme stark zu kürzen. Dies trifft besonders für Aufnahmen von Sportreportagen, Reden, öffentlichen Veranstaltungen, Theaterstücken und Operetten zu. Man kann dem Hörer nicht zumuten, eine noch so interessante Sendung, gleich welcher Art, von z. B. drei Stunden Dauer vor dem Lautsprecher sitzend anzuhören. Hier tritt der Umschnitt in Anwendung. Wieder bietet ein Bandumschnitt wesentliche Vorteile gegenüber früher angewendeten Aufnahmeverfahren, z. B. mit Schallplatten. Es wird hier natürlich nicht tatsächlich „geschnitten" — dazu sind Bänder heute zu kostbar. Man geht vielmehr folgendermaßen vor:

Zu Beginn der Arbeit muß bereits genau festliegen, welche Stellen entfernt werden sollen. Das heißt, daß die Stichwörter bekannt sein müssen, bzw. bearbeitet man musikalische Darbietungen an Hand eines Klavierauszuges. Bei reinem Umschnitt wird kein Regieraum (Mischpult) benötigt, das kann jedoch der Fall sein, wenn z. B. erklärende Zwischenansagen dazu aufgenommen werden sollen. Wir wollen hier nur den einfachen Fall betrachten, da die Arbeit über Mischpult keine zusätzlichen Probleme stellt. Schaltungsmäßig wird nach Abbildung 5 der Ausgang, Leitung **IV**, mit dem Eingang, Leitung **V**, des Magnetophons durchverbunden. Wiederzugebendes Band auf Laufwerk 1, aufzunehmendes auf Laufwerk 2.

Stromlauf: Wiedergabekopf W (Laufwerk 1) — Ueberblender Ü (a—c) — Verbindung: Leitungen **IV** und **V** — Trennstecker $T_2$ — Aufnahmekopf A (Laufwerk 2). Band läuft vorbei und wird magnetisiert. Der Wiedergabekopf nimmt die Modulation zur Kontrolle wieder ab. Wiedergabekopf W (Laufwerk 2) — Ueberblender Ü (b—d) — $S_A$ in Stellung 3 — $V_A$ — Abhörlautsprecher $L_A$.

Beide Bänder, sowohl aufgenommenes als wiederzugebendes, laufen durch bis zum ersten Stichwort, also zur ersten „Schnittstelle". Beide Laufwerke werden gestoppt und die Bänder neu eingestellt. Das umzuspielende „Ur"-Band (Laufwerk 1) wird weiterlaufen gelassen bis zum nächsten Stichwort, also bis zu der Stelle, die wieder verwendet werden soll. Das Band wird so eingestellt, daß das erste Wort des neuen Einsatzes nach etwa 20 bis 30 cm des anlaufenden Bandes vor den Wiedergabekopf kommt. Das aufnehmende „neue" Band (Laufwerk 2) wird einige Meter rückgespult. Damit ist alles bereit. Der neue Einsatz geht ganz ähnlich wie oben beschrieben vor sich. Das aufnehmende „neue" Band (Laufwerk 2) wird von Aufnahme- und Löschkopf abgehoben und durch Tastendruck auf „Aufnahme" laufen gelassen. Sobald das Stichwort für den neuen Einsatz kommt, wird Laufwerk 2 mit dem abzuspielenden „Ur"-Band durch Tastendruck auf „Wiedergabe" gestartet. Nach dem Stichwort wird das von Aufnahme- und Löschkopf abgehobene „neue" Band sofort an die Köpfe angelegt und damit geht das Umspielen weiter. Der Zeitpunkt, in dem das abspielende Laufwerk gestartet werden muß, ist mehr oder weniger gefühlsbedingt oder wenigstens bedarf die Einstellung eines richtigen Vorlaufes und Startzeitpunktes ziemlicher Uebung. Mit dieser Methode lassen sich jedoch technisch vollkommen einwandfreie Umschnitte u. dgl. erzielen, so daß es auch dem geschulten Ohr nicht möglich ist, eine derartige Stoßstelle zu erkennen.

### Schneiden und Kleben.

Ueber die geschilderten Möglichkeiten hinaus hat man es durch Schneiden und Kleben des Bandes in der Hand, Retouschen vorzunehmen, einzelne Wörter, ja sogar Buchstaben zu entfernen bzw. auszuwechseln.

Der technische Vorgang ist hierbei sehr einfach. Die betreffende Stelle wird von Hand aus langsam, an den Köpfen vorbei, durchgedreht. Im Lautsprecher hört man die einzelnen Silben ganz langsam und in ganz tiefer, dunkler Tonlage aufeinanderfolgen. Ein geübtes Ohr hört aus diesen dem Laien als Kauderwelsch erscheinenden Lauten jeden einzelnen Buchstaben heraus. Durch mehrmaliges hin- und herdrehen wird die zu schneidende Stelle genau festgelegt und am Band über dem Luftspalt des Wiedergabekopfes mit einem Bleistift (Fettstift) angezeichnet und geschnitten. Es empfiehlt sich, eine unmagnetische Schere zu verwenden. Die Enden des Bandes werden, nachdem die betreffende Bandlänge herausgeschnitten wurde, so aufeinandergeklebt, daß die Ueberlappung der Klebestelle etwa 5 mm lang ist.

Von der Möglichkeit, Bänder zu kleben, macht man auch Gebrauch, wenn beispielsweise ein Musikstück um wenige Minuten zu lang ist, um auf einem Band von 18 Minuten Länge aufgenommen werden zu können. Man nimmt dann auf dem zweiten Laufwerk die letzten zwei Minuten parallel (überlappt) und den Rest des Musikstückes auf. Später sucht man sich innerhalb der zwei Minuten, die auf beiden Bändern gleich sind, eine passende, charakteristische Stelle, schneidet an dieser und klebt die beiden zusammengehörigen Band-Enden aneinander. Wenn kein musikalischer Einschnitt zu finden ist, so sucht man einen langgezogenen Ton oder z. B. einen harten Klavieranschlag. Jedenfalls soll nie in einer Pause oder einem langen Ton, sondern am Anfang oder Ende desselben geschnitten und geklebt werden. Bei einwandfreier Arbeit darf selbst einem Musiker beim Vorspielen dieser Stelle nichts auffallen.

### Löschen.

Das Löschen einer beliebigen Bandlänge geschieht durch Drücken des Knopfes „Aufnahme" bei gezogenem Trennstecker $T_1$ oder $T_2$. Um keinen Einschalteknacks auf das Band zu bekommen, wird vor dem Einschalten das Band vom Aufnahme- und Wiedergabekopf abgehoben und bei der betreffenden zu löschenden Stelle, während das Band läuft, wieder angelegt. Natürlich kann man nicht nur vorwärts, sondern auch rückwärts löschen, wozu man nur die nötige Knopfkombination (siehe Abbildung 3) drücken muß. Es ist dabei jedoch zu beachten, daß das Band beim Rückwärts- oder Schnell-Vor-Löschen nicht wesentlich schneller als mit normaler Transportgeschwindigkeit laufen darf, da sonst ein durchgehender Pfeifton durch die Lösch-Hochfrequenz entsteht. Das Band wird einfach von Hand aus etwas gebremst. Ist die durch das Löschen zu entfernende Stelle nicht sehr lange, also handelt es sich nur um ein Wort, einige Buchstaben, einen Knacks oder dergleichen, so darf man das Band zum Löschen nicht laufen lassen. Der Schalter 12 (Abbildung 2) gestattet, den Strom für die Motoren abzuschalten.

Man wird also vorerst den Motorstromkreis mit Schalter 12 trennen, dann das Band von Aufnahme- und Löschkopf abheben und die Taste „Aufnahme" drücken, womit der Löschstrom eingeschaltet wird. Jetzt wird die vorher über dem Luftspalt des Wiedergabekopfes bezeichnete Stelle des Bandes an dem Luftspalt des Aufnahmekopfes vorbeigeführt. Das muß vorsichtig und natürlich von Hand aus geschehen. Dann wird das Band wieder von den Köpfen abgehoben und Taste „Halt" gedrückt, wodurch die Köpfe abgeschaltet werden. Die Stelle kann abgehört werden.

## Wiedergabe.

Das Bandverfahren wird nicht allein für die Konservierung von kompletten Sendungen, wie Hörspielen und gebauten Sendungen, verwendet. Kleine Bänder von etwa 3—4 Minuten Spieldauer werden genau so wie Schallplatten in die Tagessendungen, wie Frühmusik, Mittagskonzert und Musik bis Mitternacht, eingebaut. Darbietungen von bleibendem Interesse oder geschichtlicher Bedeutung, größere Orchesterwerke, Aufnahmen bekannter Künstler usw. werden selbstverständlich auch als Produktions-Bänder aufbewahrt.

Beim Abspielen der Bänder ergeben sich also verschiedene Möglichkeiten. Komplett auf Band aufgenommene Sendungen bestehen aus mehreren Bändern, die pausenlos abzuspielen sind. Ob bei der Aufnahme überlappt oder auf Stoß übergegangen wurde, ist auf dem Bandbegleitzettel vermerkt, auf dem im allgemeinen auch das Stichwort für das Band-Ende zu finden ist. Oft werden auch Sendungen aus verschiedenen Produktionsbändern zusammengestellt. Dann ist meist Zwischenansage zu machen. Der Abspielvorgang ändert sich dadurch nicht wesentlich.

Zur Erläuterung der Bandwiedergabe diene Abbildung 6. Der Magnetophon-Ausgang, Leitung **IV**, ist auf den Eingang des Mischpultes gelegt. Das erste abzuspielende Band ist auf Laufwerk 1 eingespannt. Der Ueberblender Ü, dessen prinzipielle Schaltung in Abbildung 7 dargestellt ist, steht auf Laufwerk 1. Die offenen Wege sind daher a—c und b—d. Das Startkommando wird durch das Lichtsignal von dem auf Sendung geschalteten Regieraum (Mischpult) gegeben. Bei Aufleuchten des nicht gezeichneten Lichtsignals wird der Knopf „Wiedergabe" gedrückt und der Regler Rw geöffnet, und zwar eine Idee später, um kein Anfahrgeräusch hinausgehen zu lassen. Während Band 1 läuft, wird das nächste abzuspielende Band auf Laufwerk 2 eingespannt und der Anfang eingestellt. Dies geschieht im allgemeinen mit Hilfe des Kopfhörers, kann aber auch über Lautsprecher ($S_A$ in Stellung 3) vorgenommen werden. Bei Zwischenansage wird Band 2 wieder auf Lichtzeichen gestartet. Soll hingegen pausenlos überblendet werden, so ist darauf zu achten, wann das am Band-Ende eingelegte Papierstreifchen herausfällt. Bei Ueberblendung auf Stoß und bekanntem Stichwort wird Band 2 nach Erklingen des Stichwortes gestartet und der Ueberblender Ü herumgedreht. Ueberlappt aufgenommene Bänder sind nicht so einfach zu überblenden. (Vergleiche mit Absatz „Ueberlappung".) Bei Herausfallen des eingelegten Papierstreifchens ist Band 2 zu starten. Im Lautsprecher hört man nun die Wiedergabe von Band 1 und im Kopfhörer die Wiedergabe von Band 2. Da die Bänder parallel aufgenommen sind, wird man von beiden das gleiche hören, lediglich um eine kleine Zeitdifferenz verschoben. Diese Differenz auszugleichen, ist die Taste 18 (Abbildung 2) bestimmt. Mit ihr kann die Bandgeschwindigkeit durch Drücken etwas verzögert werden. Die beiden Bänder sind also auf synchronen Lauf zu bringen. Sobald dieser hergestellt ist, wird überblendet.

Zusammenfassend kann man sagen, daß sich mit der Einführung des Magnetophon-Gerätes beachtliche

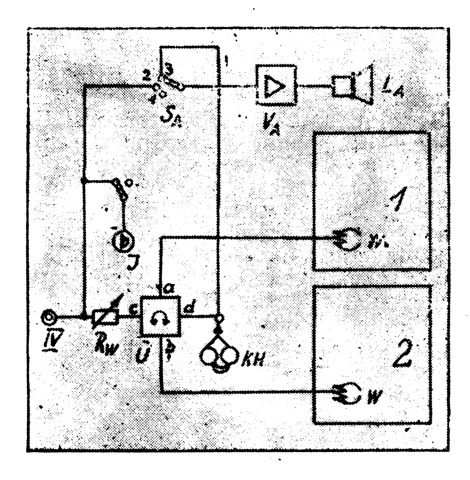



Abbildung 6

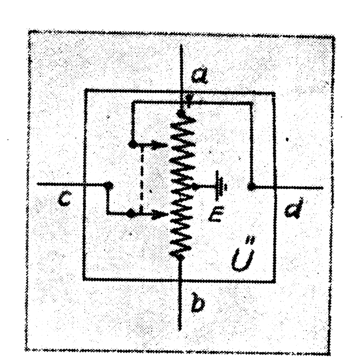



Abbildung 7

neue Möglichkeiten für den Rundfunk-Sendebetrieb ergeben haben.

Das Magnetophon-Aufnahmeverfahren steht sowohl im Hinblick auf Einfachheit als auch Qualität gegenüber allen anderen bekannten Verfahren an erster Stelle. Seine besonderen Vorzüge sind beliebig oftes Abspielen und unbegrenzte Wiederverwendbarkeit der Bänder für neue Aufnahmen.

Die Wiedergabe der Bänder ist allerdings nicht ganz so einfach wie das Abspielen von Schallplatten, was hauptsächlich durch das nötige Einspannen des Bandes und das an die Wiedergabe anschließende Rückspulen bedingt ist. Außerdem ist der benötigte technische Aufwand gegenüber einem Plattenspieler oder gar einem Koffergrammophon schon merklich höher. Für den Rundfunkbetrieb sind diese kleinen Nachteile jedoch von völlig untergeordneter Bedeutung. Es ist jedoch mit Bestimmtheit anzunehmen, daß es dem Magnetophon-Band aus diesen Gründen in absehbarer Zeit nicht gelingen wird, die Schallplatte aus ihrer Machtstellung in der Verwendung für private Zwecke der breiten Masse zu verdrängen.

*

Anmerkung zu Abbildung 3 (Seite 27) dieses Beitrages.

Durch gleichzeitiges Drücken der Tasten können die folgenden Betriebsarten geschaltet werden:

Schnell-Vorlauf: Drücken der Tasten 14 und 17. — Rücklauf-Löschen: Dr. d. T. 14 und 15. — Schnell-Vorlauf-Löschen: Dr. d. T. 14, 15 und 17.

---

## „das elektron"

## hilft seinen Lesern

Der Mangel an Radiobestandteilen, Röhren, Fachbüchern und Elektromaterial hat einen ungeheuren Umfang angenommen, anderseits ist es aber eine alte Erfahrungstatsache, daß die meisten Bastler einen großen Vorrat von Einzelteilen in ihrer „Bastelkiste" haben. Es ist doch wirklich oft so, daß man ganz dringend (um nur ein Beispiel zu nennen) eine Röhre benötigt und dafür gerne eine ganz andere, aber nicht minder wichtige Type geben möchte. Wir möchten Ihnen nun gerne helfen.

„das elektron" veröffentlicht Ihr Tauschgesuch unter einer von uns bestimmten fortlaufenden Kennziffer in Stichworten. Bedingungen für unseren „Tausch-Vermittlungs-Dienst" sind folgende:

1. Für jedes zu veröffentlichende Tauschgesuch bitte ein eigenes Blatt verwenden.
2. Angaben sind stichwortartig zu machen. „das elektron" behält sich allfällige Kürzungen vor.
3. Als Unkostenbeitrag für Druck und Papier bitten wir für jedes Tauschgesuch 1.— S beizulegen.
4. Bei Anfragen bitte Kennziffer nicht vergessen und Rückporto beilegen.

Alle diesbezüglichen Briefe sind an „das elektron", „Tausch-Vermittlungs-Dienst", Linz an der Donau, Landstraße 9, zu richten.

BAUANLEITUNG:

# DREHFELDRICHTUNGSANZEIGER

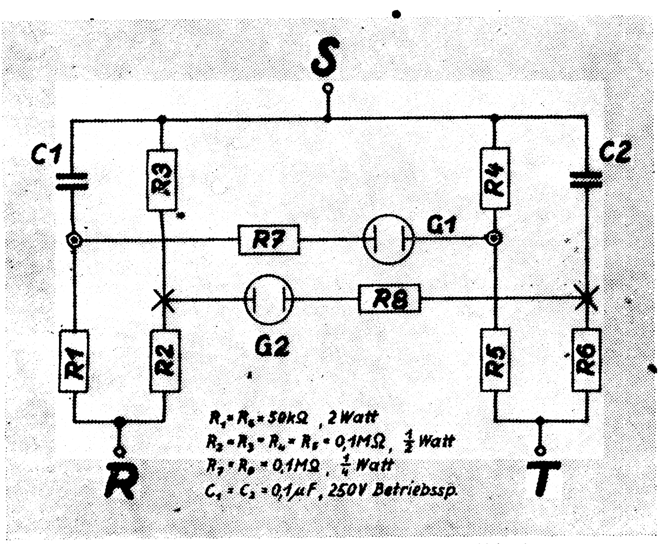
Zum Bau erforderlich:
2 St. Zwergglimmlampen.
2 St. Vorwiderstände 0,1 M-Ohm $^1/_4$ Watt. (Sind manchmal schon im Lampensockel eingebaut.)
2 St. Kondensatoren 0,1 u F, 250 Volt Betr.-Sp.
4 St. Widerstände 0,1 M-Ohm $^1/_2$ Watt.
2 St. Widerstände 50 K-Ohm 2 Watt.
3 St. Anschlußklemmen. (Entfallen, wenn drei verschiedenfarbige Prüfschnüre direkt angelötet werden.)
Isoliermaterial zur Herstellung des Gehäuses.
Größe des Gerätes zirka $3 \times 6 \times 7$ cm.

Demjenigen, der öfters Drehstrom-Motoren anzuschließen hat oder an Installationsarbeiten in Drehstrom-Netzen arbeitet, wird dieses kleine, handliche Gerät wertvolle Dienste leisten und manchen Aerger und unnötige Arbeit ersparen.

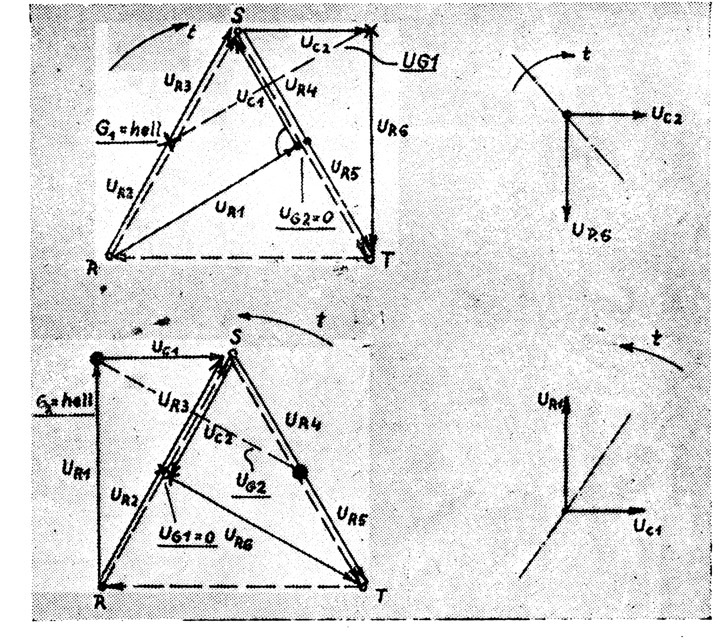
Die drei Phasen eines Drehstromsystems erzeugen bekanntlich in dem angeschlossenen Motor ein Drehfeld. Durch Vertauschen von zwei Zuleitungen ändert sich die Drehrichtung des Drehfeldes und damit auch die Drehrichtung des Motors. Hat man an irgend einer Stelle eines Drehstromnetzes gearbeitet und beim Wiederanschließen aus Versehen zwei Phasen vertauscht, so werden sämtliche an dieser Stelle angeschlossenen Motoren verkehrt laufen, was sehr unangenehme Folgen haben kann. Neu aufzustellende Motoren werden meist probeweise angeschlossen. Laufen sie verkehrt, vertauscht man zwei Zuleitungen. Bei größeren Motoren mit starken Zuleitungskabeln ist dies mit erheblich mehr Zeitaufwand verbunden, als mit dem Drehfeldrichtungsanzeiger die Drehfeldrichtung festzustellen und den Motor von vornherein richtig anzuschließen.

Die Spannungen eines Drehstromsystems sind untereinander um 120 el. Grad phasenverschoben. (120 el. Grad $= \frac{120}{360 \cdot f}$ Sekunden; bei 50 Hz sind 120 el. Grad = 1/150 Sekunde.) Bezeichne ich von den drei Drehstromleitungen diejenige, die im Betrachtungsaugenblick gerade ihren Spannungshöchstwert erreicht hat, mit R, so muß ich diejenige, die ihren Spannungshöchstwert nach 1/150 Sekunde erreicht, mit S und diejenige, die ihren Spannungshöchstwert nach einer weiteren 1/150 Sekunde — gleich 2/150 oder 1/75 Sekunde nach R — erreicht, mit T bezeichnen. Dann stimmt die Phasenfolge RST mit der Drehfeldrichtung überein.

Ein zur Feststellung der Phasenfolge häufig verwendetes Gerät arbeitet im Prinzip wie ein kleiner Drehstrommotor. Eine mit einem Drehrichtungspfeil versehene Scheibe zeigt die Drehfeldrichtung an.




Links unten: Abbildung 1 — Rechts oben: Abbildung 2




Das in nachfolgender Bauanweisung beschriebene Gerät, im Prinzip zwei Brückenschaltungen, nützt die 90-Grad-Phasenverschiebung zwischen einem ohmschen und einem kapazitiven Spannungsabfall zur Drehfeldrichtungsanzeige aus. Zwei Glimmlampen, von denen jeweils eine aufleuchtet, zeigen die Phasenfolge RST oder RTS an. Fehlt eine Phase, etwa durch Unterbrechung bei einer durchgebrannten Sicherung, so leuchten beide Lampen mit halber Stärke auf.

Bild 1 zeigt das Schaltschema. $R_1$, $C_1$, $R_4$, $R_5$ und die Glimmlampe 2 mit dem Vorwiderstand $R_7$ bilden die eine Brückenschaltung, $R_2$, $R_3$, $R_6$, $C_2$, Glimmlampe 1 mit Vorwiderstand $R_8$ die andere. R, S, T sind die drei Anschlußpunkte.

Bild 2 zeigt das Vektorbild für den Fall, daß die Phasenfolge der angeschlossenen Leitungen R S T ist. Daraus folgt, daß die Zeitachse sich im Sinne des Uhrzeigers drehen muß, denn nur dann folgt auf R S. Die strichliert gezeichneten Vektoren sind die Spannungen zwischen den Anschlußpunkten, die sogenannten verketteten Spannungen. Die in den einzelnen Brückenzweigen fließenden Ströme rufen an den Widerständen (ohmsche und kapazitive) Spannungsabfälle hervor. Die Summe der Spannungsabfälle eines Zweiges muß nach dem Kirchhoff'schen Gesetz gleich der angelegten Spannung sein. $U_{R2} + U_{R3}$ ist somit gleich der zwischen Anschlußpunkt R und S herrschenden Spannung. Ebenso groß muß die Summe aus $U_{R1} + U_{C1}$ sein. $U_{R1}$ muß auf $U_{C1}$ senkrecht stehen, da ohmscher und kapazitiver Spannungsabfall gegeneinander 90 Grad phasenverschoben sind. Der kapazitive Spannungsabfall muß dem ohmschen vorauseilen, d. h. die sich im Pfeilsinn drehende Zeitlinie muß zuerst $U_C$ und nach 90 Grad $U_R$ erreichen. Für $U_{C2}$ und $U_{R6}$ rechts neben dem Diagramm herausgezeichnet.

Ebenso muß $U_{R4} + U_{R5} = U_{ST}$ und ebenfalls $U_{R6} + U_{C2} = U_{ST}$ sein. Aus dem Vektorbild sieht man, daß $U_{G2}$, die Spannung, an der die Glimmlampe 2 liegt, 0 ist. Diese Lampe leuchtet daher nicht. $U_{G1}$, die Spannung, an der die Glimmlampe 1 liegt, ist:

$$2 \cdot \frac{380}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} = 330 \text{ Volt.}$$

Diese Lampe leuchtet somit.

Vertauscht man die Zuleitungen, so ist die Phasenfolge R T S und das Drehfeld rotiert entgegen dem Uhrzeigersinn. Bild 3 zeigt dafür das Vektorbild. $U_{R1}$ und $U_{C1}$ stehen wieder aufeinander senkrecht. Da aber der Drehsinn der Zeitachse jetzt entgegengesetzt ist, muß der Pfeilsinn von $U_R$ umgekehrt gezeichnet werden, denn nur so wird die Zeitachse zuerst $U_C$ und nach 90 Grad $U_R$ erreichen. Aus dem Vektorbild ist zu ersehen, daß jetzt G 2 leuchtet und G 1 dunkel ist.

Der mechanische Zusammenbau des Gerätes ist sehr einfach. Die Bezeichnung R S T und R T S kann man mit schwarzer Farbe direkt auf die Glimmlampen schreiben. Oder man bringt die Bezeichnung auf der Unterseite eines kleinen Mattglasfensters an. Die jeweilige Phasenfolge leuchtet dann auf. Da das Gerät Starkstrom führt, ist das Gehäuse aus entsprechendem Isoliermaterial herzustellen.

# SONAR

## das bisher geheimgehaltene amerikanische Unterseebootsuchgerät

**Die technischen Einzelheiten des von den Alliierten mit großem Erfolg eingesetzten Unterseebootortungsgerätes werden eingehend besprochen. Ein magnetischer Unterwasserschallgeber sendet einen Ultraschallimpuls (17 - 26 kHz) aus. Das vom Ziel reflektierte Echo wird mit einem Überlagerungsempfänger (60 kHz Zwischenfrequenz) empfangen und mit einem Neonlampenanzeiger zur Peil- und Entfernungsanzeige umgewandelt.**

Sonar, ein Wort, das aus den Anfangsbuchstaben der Bezeichnung **So**und **Na**vigation and **R**anging geprägt wurde, ist der Deckname für alle Arten von Unterwasserschallgeräten, wie sie an Bord von Schiffen zur Feststellung von Unterseebooten, zur Tiefenlotung, für Unterwasserverkehr und als seemännische Navigationshilfe verwendet werden.

Vom militärischen Standpunkt aus ist das echomessende Sonargerät das wichtigste, da es zur Feststellung des genauen Standortes eines Unterwasserzieles (U-Boot) verwendet werden kann. Das zur Bekämpfung der deutschen Unterseeboote von alliierter Seite eingesetzte Gerät mit der Typenbezeichnung QCS/T, das bis vor kurzem streng geheimgehalten wurde, ist nunmehr von der Liste der geheimzuhaltenden Erfindungen gestrichen worden. In nachfolgendem wird es in den grundlegenden Einzelheiten beschrieben.

### Grundsätzliches.

In einem modernen Elektro-Echomeßgerät werden Ultraschallimpulse von einem unterhalb des Schiffes angebrachten Schallgeber ausgesendet. Durch geeignete Formgebung des Schallgebers wird der Schall in eine Richtung gebündelt.

Die Ausbreitgeschwindigkeit des Schalles ist im Salzwasser 1420 m/sec. Trifft die Schallwelle auf ein Ziel, so wird ein Teil der Energie als Echo zum Schallgeber zurückgeworfen, der ähnlich wie die Funkmeßgerät(Radar)antenne gleichzeitig zum Senden und Empfangen dient. Ungleichmäßigkeiten des Wassers, etwa die Grenzflächen von Strömungen, werfen ebenfalls Echo zurück.

Aus dem Zeitintervall zwischen Aussenden des Impulses und Eintreffen des Echos läßt sich die Entfernung des Zieles leicht errechnen. (Die Multiplikation des halben Zeitintervalls mit 1420 ergibt die Entfernung in Metern.) Durch Drehen der Schallgebers kann man mit dem gebündelten Schallstrahl, ähnlich wie mit einem Scheinwerfer über Wasser, im Meer nach U-Booten suchen. In der Richtung, aus der das Echo zurückkommt, befindet sich das Ziel.

Die Möglichkeit der Echomessung im Wasser ist durch drei wesentliche Tatsachen begrenzt:

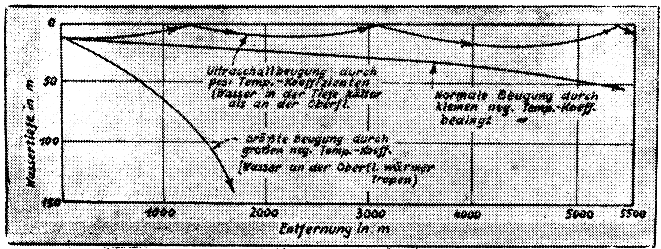


Abb. 1: Ultraschallbeugung

1. Bei normaler Schallausbreitung nimmt die Schallenergie mit dem Quadrat der Entfernung ab.
2. Nimmt die Energie mit der Wassertemperatur ab.
3. Treten Brechungs- oder Beugungserscheinungen beim Verlassen des Schallgebers auf.

Die seitliche Abstrahlung von Schallenergie wird durch die Verwendung eines starken Projektors (starke Bündelung) an der Schallquelle auf ein Minimum herabgesetzt.

Die richtige Wahl der Frequenz, die bei der Schallmessung verwendet wird, ist sehr wichtig. Sie liegt gewöhnlich im Ultraschallbereich zwischen 10 und 20 kHz. Diese Werte sind eine Kompromißlösung, die sich aus der Größe des Schallgebers und aus der Abnahme der Energie mit kürzerwerdender Wellenlänge ergibt. Je höher die Frequenz, desto größer ist die Energieabnahme. Anderseits nimmt die Größe des Schallgebers mit abnehmender Frequenz zu. Bei sehr kleinen Frequenzen würde der Schallgeber, mit Rücksicht auf die Beweglichkeit zu groß.

Bei niedrigen Frequenzen ist das Geräusch des fließenden Wassers am größten. Mit zunehmender Frequenz nimmt es ebenso wie die Lautstärke des Echos ab. Hohe Frequenzen bedingen hingegen wieder eine große Sende-Impulsstärke, um eine gegebene Lautstärke zu erreichen.

Die Schallgeschwindigkeit steigt mit zunehmendem Druck und Salzgehalt an. Da Druck und Salzgehalt mit zunehmender Tiefe ansteigen, ergibt sich eine leichte Aufwärtsbeugung des Strahles. Zum Unterschied von dieser Beugung, ist die durch Veränderung der Wassertemperatur mit zunehmender Tiefe hervorgerufene Beugung im Bild 1 dargestellt. Der normale Wirkungsbereich für Echomessungen beträgt einige Kilometer. Großes Temperaturgefälle jedoch kann den Meßbereich unter 1 km herabsetzen. Temperaturanstieg hat hingegen nur wenig Einfluß auf die Reichweite. Bei größeren Entfernungen trifft die Schallwelle durch Beugung des Strahles auf die Meeresoberfläche. Die dabei entstehenden Echosignale begrenzen die Reichweite der Messung, auch wenn energiemäßig noch größere Reichweiten zu erzielen wären.

### Der Aufbau des Sonargerätes.

Bild 2 zeigt das Blockschema des von der Submarine Signal Co. in Boston hergestellten Gerätes: Modell QCS/T. Das Gerät besteht aus drei Hauptteilen: Dem Sendeteil, dem Empfangs- und Anzeigeteil und dem Schallgeber (und -nehmer).

Der Sender besteht aus einem selbsterregten Oszilator (Schwingstufe), der die 24-kHz-Ultraschallfrequenz erzeugt, einem zweistufigen Kraftverstärker mit einer Ausgangsleistung von 600 Watt und einem Kipprelais, das die Impulse von 0,1 bis 0,2 Sekunden Dauer in Abständen von einigen Sekunden auslöst. Der Sendeteil befindet sich im unteren Sonarraum, welcher meistens im vordersten Teil des Schiffes liegt.

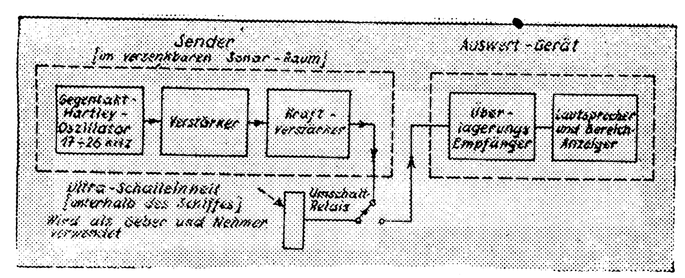


Abb. 2: Blockschaltbild des Sonargerätes

Der Schallgeber (Magnetostrictions-Projektor), der auch als Mikrophon zum Empfang des Echos dient, ist in einer einziehbaren Kuppel unter dem Schiff angebracht. Durch die Kipprelaiskontakte ist er im Sendeaugenblick mit dem Sender, während der Sendepausen mit dem Empfänger zur Aufnahme des Echos verbunden. Der Schallgeber ist in der Horizontalen um 360 Grad, in der Vertikalen um 90 Grad schwenkbar. Das Schwenken erfolgt durch eine elektrische Fernsteuerung vom Steuertisch des Bedienungsraumes aus.

Bild 3 zeigt die zur Vermeidung von Wasserwirbeln stromlinienförmige Schallgeberkuppel. Durch diese Bauweise ist die Echomessung auch bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 25 km pro Stunde möglich. Im seichten Wasser kann die Kuppel eingefahren werden, um eine Beschädigung zu vermeiden. Die Bedienung des Einfahrmechanismus geschieht ebenfalls durch Fernsteuerung. Im ausgefahrenen Zustand ragt die Kuppel zirka 1,20 m unter den Kiel des Schiffes.

Der Empfangs- und Anzeigeteil enthält einen Ueberlagerungs-Empfänger zum Empfang und zur Verstärkung des außerordentlich schwachen Echosigna's, einen Meßanzeiger, der das Echozeichen in die Distanzangabe umwandelt, und einen Lautsprecher, der das zurückkommende Echo auch hörbar macht. Der Meßanzeiger steuert auch das Kipprelais, das den Sendereinsatz regelt.

## Der Anzeigeteil.

Hinter einer kreisförmigen Skala befindet sich ein Rad, auf dessen Umfang eine Neonlampe angebracht ist. Das Rad wird von einem Synchronmotor mit konstanter Geschwindigkeit gedreht. Eine Umdrehung entspricht der Entfernung von 1000 Yard (ungefähr 1 km). Die Lampe ist durch eine Blende, welche einen schmalen Schlitz zur Bildung der Lichtmarke enthält, abgedeckt. Ueber Schleifringe ist sie mit dem Ausgang des Empfängers verbunden.

In dem Augenblick, in dem sich die Lampe hinter dem Skalen-Nullpunkt befindet, schließt eine auf der Achse des Rades sitzende Nocke den Schaltkontakt für das Kipprelais, der Sender wird getastet, ein Impuls abgesandt. Das nach einiger Zeit eintreffende Echosignal wird über den Empfänger verstärkt und bringt die Lampe zum Aufleuchten. In dieser Zeit hat sich aber das Rad schon um ein Stück weitergedreht, so daß die Lampe sich in dem Empfangsaugenblick an einer anderen Stelle der Skala befindet. Die Drehgeschwindigkeit des Rades und die Teilung der Skala ist so bemessen, daß die Entfernung des Zieles direkt abgelesen werden kann.

Durch Verstellen der Nockenkontakte kann die Nulleinstellung festgelegt werden. Außerdem kann man die Dauer des Sende-Impulses zwischen 0 und 0.2 Sekunden variieren. Am Meßanzeiger entspricht dies einer Schallimpulslänge von ungefähr 0—150 m. Bei Umschaltung auf die 5-km-Messung wird das Rad durch einen anderen Motor entsprechend langsamer gedreht. Die Ablesung geschieht dann auf einer zweiten Skala.

Kommt das Echo aus sehr großer Entfernung zurück, so ist es nicht mehr stark genug, um die Lampe zum Aufleuchten zu bringen. Die Lampe wird dann von einer Hilfsstromquelle ständig gespeist und das Signal im Lautsprecher hörbar gemacht. Der Beobachter muß nun feststellen, auf welchem Skalenpunkt sich das Lichtsignal im Augenblick des Ertönens befindet. (Anmerkung der Redaktion: Bei den ähnlich gebauten deutschen Geräten war die Lampe fest angebracht. Durch einen drehenden Spiegel wurde das reflektierte Signal längs der Skala bewegt. Die anderen Teile des Gerätes waren im Prinzip gleich.)

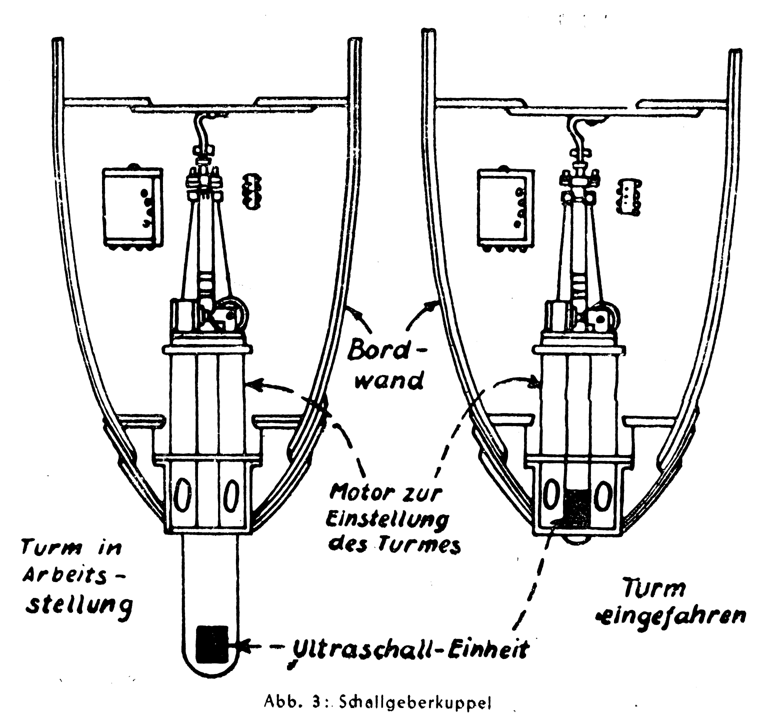


Abb. 3: Schallgeberkuppel

## Der Sendeteil.

Abbildung 4 zeigt das Schaltbild des Senderteiles. Der frequenzbestimmende Steuerteil (17—26 kHz) ist ein Gegentakt-Oszillator (2 × Röhre 801). Als Treiberstufe dient ein Gegentakt-C-Verstärker. Die Leistungsstufe besteht aus einem Gegentakt-Parallel-Kraftverstärker. Das Anschwingen des Senders wird durch Schließen der Kathodenkreise der Steuerstufe erreicht. Die Mittelanzapfung der Heizung wird an Erde gelegt und die Verbindung zwischen Sender und Schallgeber mit dem Kipprelais hergestellt.

Ueber zwei 5-Megohm-Widerstände wird ein kleiner Teil der Energie dem Empfänger direkt zugeführt. Dadurch wird der Augenblick des Anschwingens durch Aufleuchten der Lampe kontrolliert.

Die Anodenspannung wird einem Dreiphasen-Vollweg-Gleichrichter mit Quecksilberdampf-Gleichrichterröhren entnommen.

## Die Frequenzmodulation.

Bei bestimmten Wasserverhältnissen entsteht eine große Anzahl schwacher Echos, wenn der ausgesandte Impuls auf Fremdkörper und Wasserströmungen auftrifft. Da der Impuls bis 0,2 Sekunden lang ist, können gleichzeitig Echos aus verschiedenen Entfernungen eintreffen, wenn sie aus verschiedenen Teilen des ausgesandten Impulses stammen. Diese vielen, gleichzeitig empfangenen Impulse können sich derart verstärken, daß sie im Lautsprecher ein krachendes und prasselndes Geräusch erzeugen und das Abhören des Meßimpulses erschweren oder sogar unmöglich machen.

Wird die Frequenz des Senders während der Impulsdauer variiert (Frequenzmodulation), so werden die oben erwähnten, aus verschiedenen Entfernungen ein-

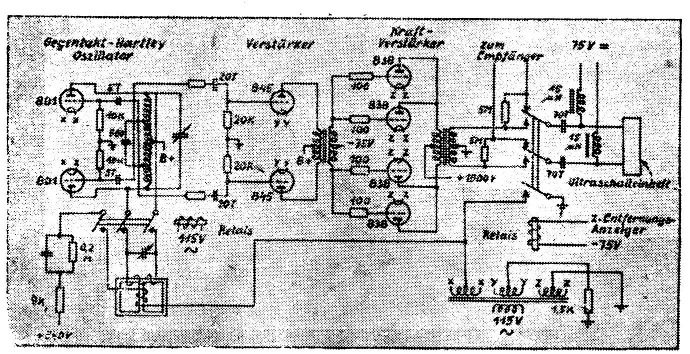


Abb. 4: Schaltbild des Sonarsenders

treffenden schwachen Impulse verschiedener Frequenz sein und sich daher bei der Ueberlagerung nicht verstärken. Durch die Frequenzmodulation wird das Störgeräusch abgeschwächt und das Echo des Zieles ist als klares Gezirp hörbar.

Die Frequenzmodulation wird gewöhnlich nur während des „Suchens" angewendet. Ist das Ziel aufgefaßt, so wird die Modulation abgeschaltet, um mit Hilfe des Doppler-Effektes die Verfolgung eines Zieles, welches auszuweichen versucht, zu ermöglichen.

Die Frequenz liegt bei Impulsbeginn um 800 kHz unter, bei Impulsende um 800 kHz über der normalen Senderfrequenz. Parallel zur Induktivität des Oszillatorschwingkreises liegt eine durch verschiedene Vormagnetisierung (durch Gleichstrom) veränderliche Drossel (Induktivität). Durch das den Sender tastende Kipprelais wird gleichzeitig die auf dem Mittelschenkel der Drossel befindliche Wicklung in den Ladestromkreis eines Kondensators geschaltet. Durch den Ladevorgang des Kondensators ändert sich die Gleichstromvormagnetisierung und damit die Induktivität der Drossel. Durch einen parallel zur Drosselwicklung liegenden veränderlichen Kondensator kann die Bandbreite der Modulation verstellt werden. Die im Schaltbild eingetragenen Werte ergeben eine Modulationsdauer von 0,1 Sekunden. Um die Modulation auch bei längerer Impulsdauer (0,2 Sekunden bei Messung größerer Entfernungen) verwenden zu können, ist der Ladekondensator im Gleichstromkreis auswechselbar. Zum Ladekondensator ist ein Widerstand von 0,2 Megohm parallel geschaltet, der die Aufgabe hat, den Kondensator während der Sendepausen wieder zu entladen.

**Der Schallgeber.**

Bild 5 zeigt den Schallgeber, der die elektrische Energie des Senders in Ultraschall umsetzt. An einer zirka 2,5 cm starken Stahlmembrane (Durchmesser zirka 40 cm) befinden sich 600 Nickelröhrchen, die mit ihren freien Enden in ein Solenoid (Spule) hineinragen. Die Solenoide sind in Serie geschaltet, werden vom Ausgang des Senders gespeist und außerdem durch Gleichstrom vormagnetisiert. Durch die konstante Vor-

(Fortsetzung auf Seite 88)

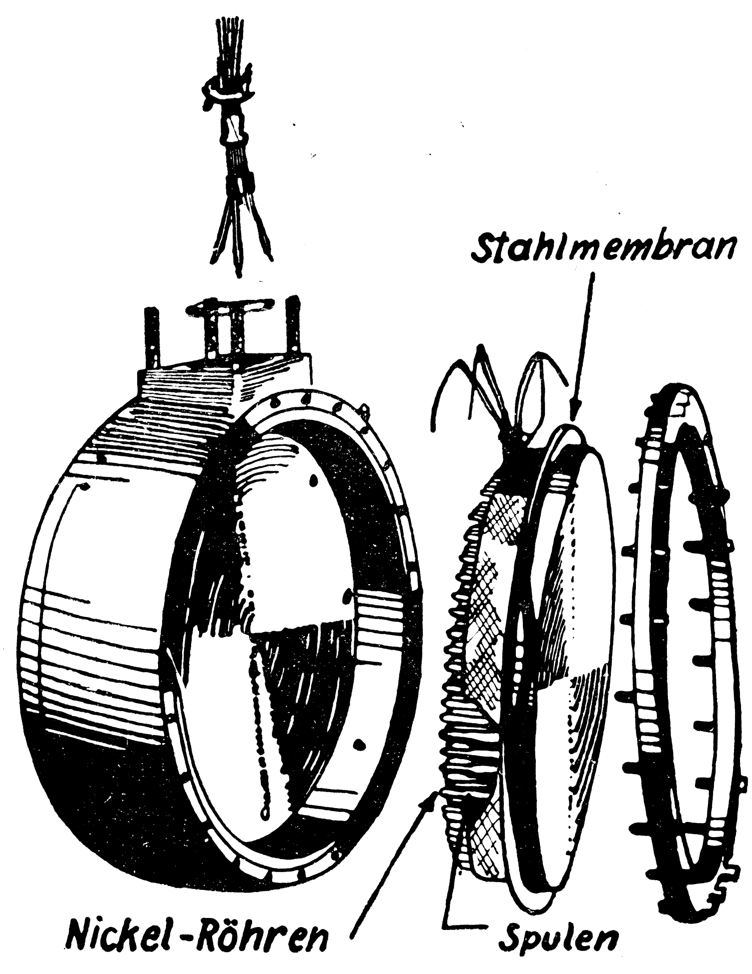



Abb. 5: Schallgeber

# Bauarbeiten zum Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug ausgeschrieben

In diesen Tagen wurden nach strengster Prüfung und Genehmigung des von Prof. Grziwiensky ausgearbeiteten Projektes eines Donaukraftwerkes bei Persenbeug durch die zuständigen Behörden die Bauarbeiten öffentlich ausgeschrieben. Damit wird eine über 20 Jahre lange, wechselvolle und nicht immer erfreuliche Vorgeschichte abgeschlossen und der Bau des größten und modernsten Kraftwerkes endgültig begonnen. Das Werk, dessen Hauptzweck in der Stromversorgung Wiens und der noch zu elektrifizierenden Bahnstrecken im östlichen Oesterreich zu sehen ist, wird auch ein Hauptfaktor im Stromexport sein. Es soll im Endzustand eine Milliarde Kilowattstunden liefern, wird aber schon zu Anfang, sobald die Stauhöhe 1,5 m erreicht, zwei Millionen Kilowattstunden abgeben können. Das ist z. B. mehr, als heute die gesamte Landwirtschaft Oesterreichs verbraucht.

Das erforderliche Baumaterial ist bereits zugeteilt und, soweit es noch in diesem Jahre gebraucht wird, auch schon geliefert. Damit konnte der Baubeginn für den Sommer (etwa Juli) festgelegt werden, was einem Gewinn eines halben Jahres gegenüber der Planung gleichkommt. Noch in diesem Jahre werden 700 Arbeiter beschäftigt. Um bei dem herrschenden Personalmangel diese Zahl, die sich in den nächsten Jahren noch vervielfachen wird, sicherzustellen, ist — ähnlich wie beim Bauwerk Kaprun — an umfangreiche Werbeaktionen mit wertvollen Hilfsmaßnahmen für berufsfremde Arbeitswillige (in geringem Umfange kann auch Arbeitskleidung gestellt werden) gedacht. Bei der langen Bauzeit (mindestens sechs Jahre) und daran anschließenden ähnlichen Vorhaben, ist für jeden, der sich dem Kraftwerksbau verschreibt, Arbeit und Verdienst auf Lebenszeit gesichert.

Eine der größten Sorgen der Landwirtschaft, der auch alle bisher gegen den Bau vorgebrachten Argumente entsprangen, war einerseits die Angst, Kulturland zu verlieren, anderseits befürchtete man Bodenverschlechterung durch steigenden Grundwasserspiegel. Infolge äußerst sorgfältiger Planung sind aber beide Gründe hinfällig geworden. Von der Ueberflutung wird ausnahmslos nur minderwertiger Auwald betroffen. Wo Kulturland gefährdet erscheint, wird der Grund künstlich gehoben. Jene Gebiete aber, die durch steigendes Grundwasser leiden könnten, erfahren durch großzügige Bodenmelioration sogar streckenweise Ertragssteigerung. Diesbezügliche Pläne liegen im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft fix und fertig, der Arbeitsbeginn wird mit dem Baubeginn am Kraftwerk zeitlich zusammenfallen.

Ingo.

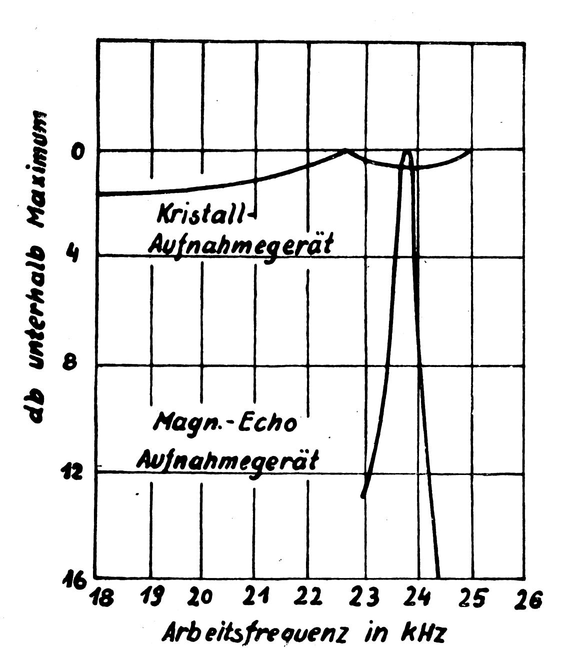



Abb. 6: Frequenzempfindlichkeitskurve

magnetisierung wird die Membrane vorgespannt und eine Frequenzverdoppelung vermieden. Ohne Vormagnetisierung würde die Membrane bei jeder Halbwelle der Wechselspannung angezogen und mit der doppelten Frequenz der Speisespannung schwingen. Durch die Vormagnetisierung wird die negative Halbwelle unterdrückt und die Membrane nur einmal während jeder Periode angezogen. Aus demselben Grunde befindet sich in jedem normalen Kopfhörer ein starker permanenter Magnet.

Die in den Solenoiden im Rhythmus der Sendefrequenz schwingenden Nickelröhrchen übertragen ihre Energie durch die Membrane als Ultraschall ins Wasser. Da die Länge der Nickelröhrchen plus der Dicke der Membrane gleich der halben Wellenlänge der Arbeitsfrequenz ist, ist das ganze System auf Resonanz abgestimmt und gibt dadurch eine Vergrößerung der Vibrationsamplitude.

Die zurückkommenden Echozeichen bringen die Membrane und mit ihr die Nickelröhrchen zum Schwingen. Dadurch ändern sich die magnetischen Eigenschaften der Solenoide und erzeugen eine Wechselspannung, die über den Empfänger verstärkt dem Meßteil oder dem Lautsprecher zugeführt wird.

Durch Zuschalten von Kondensatoren wird der gesamte Scheinwiderstand des Schallgebers aus Anpassungsgründen auf 100 Ohm gebracht.

## Der Kristall-Ultraschallnehmer.

Für das Unterwasserabhören, im Gegensatz zur Echomessung, wird eine Kristall-Auffang-Einheit verwendet, die wegen ihrer hohen Empfindlichkeit und der großen Bandbreite zur Feststellung von Geräuschen, die vom Ziel ausgesendet werden, besser geeignet ist, als der magnetische Schallgeber und -nehmer. Dadurch können Geräusche, wie sie z. B. durch die umlaufenden Schiffsschrauben entstehen, auf sehr große Entfernung abgehört werden. Die Kristalleinheit besteht aus einer großen Zahl von Seignettesalz-Kristallen, auf deren Oberfläche verdampftes Gold niedergeschlagen wurde. Mit der einen der dadurch entstehenden Kondensatorplatten sind die Kristalle an einer Stahlplatte befestigt. Zwischen den anderen Platten und einem schalldurchlässigen Fenster befindet sich Rizinusöl als Schallübertrager. Durch die Schallwellen verändert sich die Form der Kristalle und damit auch die Größe der Kapazität.

Die Frequenz-Empfindlichkeits-Kurve eines Kristallnehmers im Vergleich zu der eines magnetischen Schallgeber und -nehmer-Systems zeigt Bild 6. Dazu ist zu bemerken, daß die Werte in db vom Maximalwert aus als Nullpunkt aufgetragen worden sind. In Wirklichkeit liegt die Spitze des Kristallnehmers um vieles höher als die des magnetischen Systems.

Das breite Frequenzband und die hohe Empfindlichkeit eignen den Kristallnehmer geradezu als Ideal zum Abhören. Für Echomessungen jedoch ist er nicht geeignet, da er nur sehr kleine Energien aufnehmen kann.

## Der Empfänger.

Bild 7 zeigt das Blockschema des Empfängers. Die Zwischenfrequenz (60 kHz) und die Oszillatorfrequenz (73—97 kHz) liegen über der Eingangsfrequenz (13—37 kHz). Der dreistufige Zwischenfrequenzverstärker kann durch Umschalten der sekundären Trafowicklungen auf breites oder schmales Frequenzband umgeschaltet werden. Zur Lautstärkeregelung in der ersten ZF-Verstärkerstufe kann noch eine automatische Lautstärkeregelung hinzugeschaltet werden, die während des Sendeaugenblicks den Empfänger sperrt, um den Empfang des überlauten Sende-Impulses zu verhindern.

Abb. 8: Schaltbild des Sonarempfängers

Um den Empfang des unmodulierten Echozeichens hörbar zu machen, ist eine zweite Oszillatorstufe vorgesehen. Da die Frequenz dieses Oszillators zwischen 60 und 61,8 kHz variiert werden kann, kann die Frequenz des Signales beliebig zwischen 0 und 1800 Hz eingestellt werden. Die NF wird in zwei weiteren Stufen verstärkt und dem Lautsprecher, einem Kopfhörer und der Anzeigelampe zugeführt.

### Beschreibung der Empfängerschaltung.

Die Schaltung des Empfängers ist in Bild 8 in etwas vereinfachter Form wiedergegeben. Um die Eingangsröhre gegen Ueberspannungen zu sichern, liegt zwischen Gitter und Masse eine Gas-Entladungsröhre der Type 874. In Serie dazu ist ein Widerstand von 2000 Ohm zur Strombegrenzung geschaltet. Steigt die Eingangsspannung an der Sekundärseite des Eingangstrafos über 125 Volt, so zündet die Entladestrecke und die Spannung sinkt auf 80 Volt ab. Ein 0,1-M-Ohm-Gittervorwiderstand sorgt für einen zusätzlichen Schutz. Der Verstärkungsfaktor der HF-Stufe beträgt etwa 25.

Die erste Oszillatorstufe ist induktiv angekoppelt. Die Trimmer zur Einstellung des Gleichlaufes sind nicht eingezeichnet. Als Misch- und Gleichrichterstufe wird eine Kreuzschaltung von vier Kupferoxyd-Gleichrichtern verwendet, die eine Art Weiche bilden. Die Oszillatorspannung, die den Mittelanzapfungen der beiden Transformatoren zugeführt wird, steuert, da sie im Verhältnis zur Eingangsspannung groß ist, praktisch die Weiche. Ist der Punkt A gegenüber dem Punkt B positiv, so nimmt das Signal den geraden Weg über die Gleichrichter 1 und 2. Ist A negativ gegenüber B, so geht das Signal den gekreuzten Weg über die Gleichrichter 3 und 4. Das Glied wirkt somit wie ein von der Oszillatorfrequenz gesteuerter Umschalter. Bei jedem Wechsel der Oszillatorspannung wechselt somit auch der Strom im Ausgangstransformator. Aus denselben Gründen muß aber auch der Strom des Ausgangstransformators jedesmal dann wechseln, wenn die Eingangs-HF ihre Richtung wechselt. Die Gesamtzahl der Stromwechsel ist daher gleich der Summe der beiden Frequenzen. Dieses Glied wirkt genau so wie eine normale additive Mischstufe. Die Oszillatorstufe ist mit der Mischstufenschaltung durch einen Widerstand und abstimmbare Kondensatoren verbunden, wodurch ein einwandfreies Anpassen ermöglicht wird, so daß sich im Ausgangskreis nur mehr die Zwischenfrequenz befindet. Diese Eigenschaft und eine außergewöhnlich lange Lebensdauer sind zwei der Vorzüge dieser Schaltung.

Jeder der beiden ZF-Transformatoren hat zwei in der Schaltung nicht gezeichnete Sekundärwicklungen. Eine ist fest, die andere lose gekoppelt, um verschiedene Bandbreiten zu erhalten. Ein Potentiometer im Kathodenkreis der ersten zwei ZF-Stufen dient zur Lautstärkeregelung (Bereich 100 db). Durch einen nicht eingezeichneten Schalter können die zweite Oszillatorstufe sowie die gekreuzten Trockengleichrichter abgeschaltet werden. Durch Zuschalten eines Widerstandes (ebenfalls nicht gezeichnet) wirkt die Mischstufe dann als Einweggleichrichter. In dieser Schalterstellung werden fremde Geräusche abgehorcht.

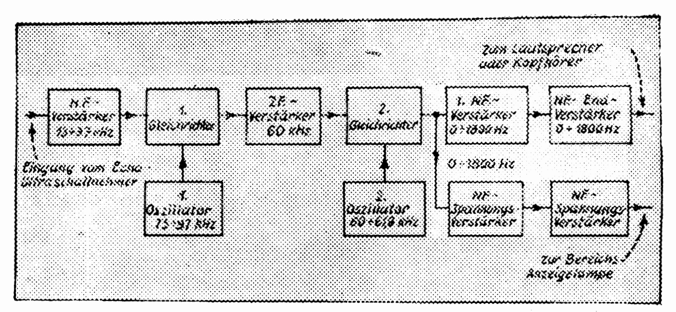


Abb. 7: Blockschaltbild des Sonarempfängers

Die im Schaltbild gezeichnete Schaltung als Mischstufe (zweite Stellung des Umschalters) dient zum Empfang der Echozeichen (Ultraschall).

Ueber einen 200-Milli-Kondensator wird die Summenfrequenz abgeleitet. Zwischen den beiden letzten Stufen befindet sich ein umschaltbarer Filter.

Die Umschaltung der Bandbreite ist erforderlich, da beim Unterwasserabhören ein möglichst breites Band, um alle Geräusche aufnehmen zu können, erwünscht ist. Bei der Echomessung hingegen will man den Störspiegel klein halten und benötigt daher eine kleine Bandbreite.

Die zeitabhängige Lautstärkeregelung wirkt auf die Gitter der ersten beiden ZF-Stufen. Im Augenblick des Sendens wird ein 0,5-mF-Kondensator auf — 75 Volt geladen. Von einem stufenweise verstellbaren Spannungsteiler wird ein Teil dieser Spannung abgegriffen und den Gittern zugeführt. Nach Beendigung der Sendertastung wird auch die Ladespannung des Kondensators abgeschaltet. Dieser entlädt sich langsam, so daß die negative Gitterspannung sinkt, damit die Empfindlichkeit des Empfängers allmählich steigt und der Größe der Eingangsimpulse angeglichen ist. (Die aus größerer Entfernung zurückkommenden und daher schwächeren Echozeichen treffen später ein.)

Als Schutzglied gegen zu hohe Ausgangsspannungen, welche im Augenblick der Sendertastung entstehen können, ist parallel zum Ausgangstransformator ein Siliziumkarbid-Widerstand geschaltet.

# Ist elektrisch Trockenrasieren DIE ZUKUNFT?

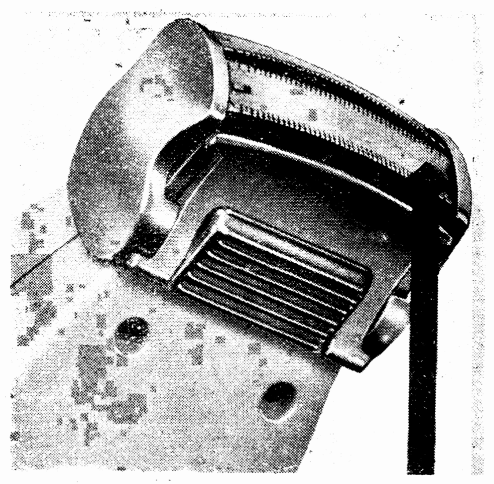


Abbildung 3

In Heft 1/1942 der bekannten Zeitschrift „Ars Medici“ wurde erklärt:

„Das elektrische oder trockene Rasieren hat gegenüber dem feuchten gewisse Vorteile, konstatierte H. L. Baer (Hautklinik Pittsburg) an 30 Versuchspersonen, die sich wochenlang auf der einen Seite immer trocken, auf der anderen feucht rasierten. Das abrasierte Material wurde gesammelt und wöchentlich quantitativ bestimmt und untersucht. Das feuchte Rasieren entfernte 10- bis 20mal mehr Epidermisephitel. Das Vergrößerungsglas zeigte auf der feuchten Seite Blutpunkte über den Haarfollikeln, deren Eversion beim Anspannen der Haut und namentlich beim Rasieren ‚gegen den Strich‘ zu Traumen Anlaß gibt. Die entfernte Haarmenge überwog oft auf der feuchten Seite, später aber, dank der besseren Technik beim Rasieren, auf der trockenen Seite. Deutliche Unterschiede in der Gründlichkeit oder ‚Glätte‘ des Rasierens wurden jedoch von den Leuten nicht beobachtet. Die meisten Leute brauchten 8—10 Wochen, um das Trockenrasieren zu beherrschen. Nach dieser Zeit war die trocken rasierte Haut viel weicher, geschmeidiger und glatter als die Haut der anderen Seite, die fast bei allen rauher, gereizt, gerötet und lädiert war. Der Zeitverbrauch ist bei beiden Methoden annähernd der gleiche, wenn man die Zeit zum Einseifen mit einrechnet.“

Soweit das Urteil der Zeitschrift. Es beantwortet eigentlich schon die Frage unseres Titels. In allen fortschrittlichen Staaten der Erde hat das elektrische Trockenrasieren in den letzten Jahren immer mehr und mehr an Boden gewonnen, so daß es auch für uns langsam Zeit wird, uns mit den dabei auftauchenden Problemen auseinanderzusetzen.

Abbildung 1a zeigt uns einen stark vergrößerten Querschnitt durch die menschliche Haut. Die einzelnen Haare wachsen aus den Mulden der Hautoberfläche heraus. Aus dem Vergleich der Dicke der Schneidkante einer Rasierklinge (ungefähr 0,001 mm) und dem des rotierenden bzw. hinundhergehenden Scherteiles eines elektrischen Rasierapparates (0,05—0,12 mm) geht hervor, daß man sich mit einem Trockenrasierapparat nie so tief ausrasieren kann, wie mit dem Messer oder der Rasierklinge. Dies hat sich aber in der Praxis absolut nicht als überwältigender Nachteil des Trockenrasierens herausgestellt, da es ja möglich ist, durch Spannen der Haut die Hautwurzeln zu heben (siehe Abb. 1b). Nach erfolgter Rasur und Nachlassen der Hautspannung bilden sich sogleich wieder die früheren normalen Hautmulden, der Bartrest versinkt wieder in den Krater und die Haut erscheint ohne der geringsten Beschädigung spiegelglatt.

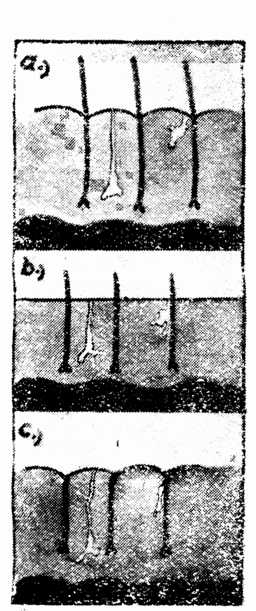





Abbildung 1

Abbildung 2

### Der Scherkopf.

Der elektrische Rasierapparat hat sich aus der Haarschneidemaschine entwickelt. Man kann zwei verschiedene Grundtypen unterscheiden:

1. Scherköpfe mit hinundhergehender Bewegung,
2. Scherköpfe mit rotierender Bewegung.

Der Scherkopf mit hinundhergehender Bewegung wird nun auch wieder von den verschiedensten Herstellern (in der Schweiz werden zur Zeit von zwölf verschiedenen Firmen Trockenrasierapparate vertrieben) ganz unterschiedlich ausgeführt. Man kann ihn offen oder geschlossen ausführen.

Zu 1: Scherköpfe mit hinundhergehender Bewegung.

a) Der geschlossene Scherkopf. Bei ihm ist in der Mehrzahl die auf der Haut aufliegende Scherkopffläche ungefähr 30 × 6 mm groß und mit Bohrungen von 0,3 mm Durchmesser und querlaufenden Schlitzen, die ebenfalls ungefähr 0,3 mm breit sind, versehen. Das unterhalb der Scherkopffläche bzw. innerhalb des Scherkopfes hinundhergehende Schermesser hat die gleichen Ausnehmungen. Durch das parallele Auflegen auf die den Bart tragende Haut werden die Bartstoppeln durch die Ausnehmungen in den Scherkopf eingefädelt und durch dessen Bewegung abgeschert. Der unbestreitbar große Vorteil dieses Systems ist, daß ein Verletzen der Haut so gut wie ausgeschlossen ist. Nachteil, daß (wie ja auch leicht zu verstehen ist) längere Haare nicht leicht zu erfassen sind und daß man, um wirklich glatt zu werden, einigemale über die gleichen Hautpartien gleiten muß.

b) Der offene Scherkopf. Dieser ist der klassische Nachfolger der Haarschneidemaschine. Bei ihm ist auch der Schnitt längerer Haare ohne weiteres möglich, da diese ja nicht erst in den Scherkopf eingeführt werden müssen. Abbildung 2 zeigt uns die Ausführung eines derartigen Scherkopfes. Man nennt diese Art der Ausführung auch „Direktschneider“. Die Haare und Stoppeln werden von einem Kamm aufgegriffen, automatisch aufgerichtet und von einer feinen Scherklinge glatt weggeschoren. Vor dem doppelseitig schneidenden Scherkopf sehen wir im Bild zwei aus Preßstoff gearbeitete Gleitbahnen, die als automatische Hautspanner und Haarfänger fungieren.

Abb. 3 zeigt uns die modernste Ausführung einer schweizerischen Firma, die zwei doppelseitig arbeitende Scherklingen hat, welche nach oben leicht durchgebogen sind, um so ein Spannen der Haut zu erzielen. Der eingezeichnete Pfeil ist auf den ersten Scherkopf

gerichtet. Das genau geschliffene, aus feinstem, glasartem Schwedenstahl gefertigte Obermesser bewegt sich in der Minute 6000mal hin und her und hat 220 Scherkopfzähne.

Zu 2: Scherköpfe mit rotierender Bewegung.

Der Scherkopf mit rotierender Bewegung besteht aus einem Sieb (Abb. 4), unter welchem ein Schermesser rotiert. Durch die rotierende Bewegung wird erreicht, daß der Bart unabhängig von seiner Richtung abgeschnitten wird. Es ist selbstverständlich, daß der Siebscherkopf nur ganz kurze Haare erfassen kann, diese aber fast messerglatt abschneidet. Weiters wird durch die runde Scherkopfform eine wesentlich größere Scherkopffläche ausgenützt. Diese große Fläche ermöglicht schnelleres Rasieren.

Es ist interessant, daß in der letzten Zeit auf dem ausländischen Markt auch elektr. Rasierapparate aufgetaucht sind, die sich die Vorteile beider unter 1. und 2. beschriebenen Scherkopfarten durch auswechselbare Scherköpfe zu eigen machen. Allerdings ist der Preis dieser Geräte wesentlich höher wie der bisher üblichen. Abb. 5 zeigt uns den offenen Kammscherkopf eines solchen Gerätes, der für lange und liegende Haare, zum Stutzen der Schläfenhaare und zum Nackenputzen verwendet wird. Durch einen kleinen Handgriff wird in Sekundenschnelle bei laufendem Motor der zur Vorrasur verwendete Kammscherkopf gegen den zum Glattrasieren notwendigen Siebscherkopf (Abbildung 4) ausgetauscht. Andere Modelle verwenden am Rand des Siebscherkopfes einen gezahnten Rechen, der ebenfalls zum Vorrasieren von langen, anliegenden und gewirbelten Haaren dient.

### Der Motor.

Bei den verschiedenen Ausführungsarten elektrischer Trockenrasierapparate werden die unterschiedlichsten Motorsysteme verwendet. Gemeinsames Merkmal aller dieser Typen ist die Aufnahme von ungefähr 9 Watt. Die Betriebskosten eines derartigen Gerätes bei einer täglichen Benützung von 25 Minuten sind daher fast null.

Die einfachste und zugleich stabilste Lösung, die allerdings nur bei Wechselstrom möglich ist, stellt die Verwendung eines Antriebes nach Art eines Wechselstromweckers dar. Der Klöppel, der mit dem Schermesser verbunden ist, wird durch das durch den Wechselstrom bedingte Magnetfeld im Takte der Netzfrequenz hinundherbewegt. Durch einfaches Serien- bzw. Parallelschalten der Magnetspulen läßt sich das Antriebssystem leicht auf die üblichen Spannungen umlegen.

Eine weitere einfache Lösung, die den Vorteil hat, für Gleich- und Wechselstrom verwendet werden zu können, funktioniert wie folgt: Auf einer nockenförmigen Achse sitzt ein lamellierter Anker, der durch einen Elektromagneten einen Drehimpuls bekommt. Dadurch wird auch die nockenförmige Achse verdreht und der Stromzuführungskontakt unterbrochen. Der Schwung dreht nun den Anker und damit die Nocke, bis der Kontakt wieder schließt und der Anker einen neuen Impuls bekommt. Durch die Drehung der Nockenwelle wird auch die Bewegung des Scherkopfes bewirkt.

Die dritte verwendete Antriebsart ist die eines normal gebauten und ganz klein dimensionierten Kollektormotors, die ebenfalls für Gleich- und Wechselstrombetrieb verwendbar ist. Während man in früheren Jahren zur Spannungsumschaltung durchwegs Vorschaltwiderstände verwendete, besorgt man heute die Umschaltung, wie schon weiter oben geschildert, mittels Kontaktwalzen im System selbst. Es ist dadurch möglich, wirklich ein kleines, handliches und universell verwendbares Rasiergerät zu schaffen.

Es ist Unsinn zu behaupten, daß Rasieren ein Vergnügen ist. Das wird es nie werden. Es ist und bleibt ein notwendiges Uebel, das nun durch den Fortschritt der Technik weniger Zeit, weniger Mühe und weniger Unbehagen verursacht. Wenn es Ihnen nun gelingen sollte, daß Sie sich einen elektrischen Trockenrasierapparat verschaffen (heute ist das bei uns ja fast unmöglich), dann haben Sie bitte Geduld. Es ist auch hier noch kein Meister vom Himmel gefallen und auch richtig Trockenrasieren muß gelernt sein.

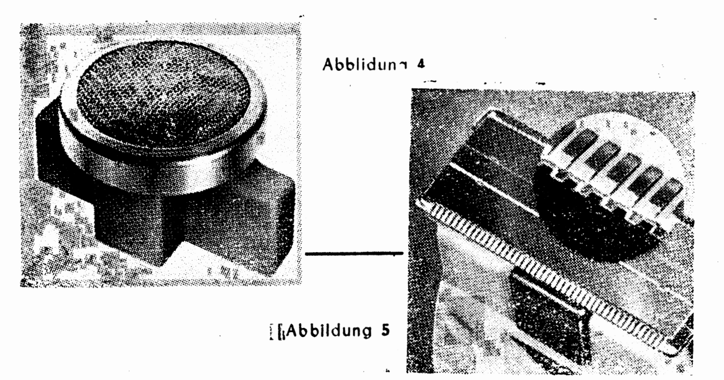


Abbildung 4

Abbildung 5

## Neue Prüfungsmethoden für Metallteile

Auch gewisse metallene Maschinenteile, besonders alle jene, die in den modernen Dampf- und Elektromaschinen ununterbrochen raschen Dehnungen oder Vibrationen ausgesetzt sind, können „ermüden" und an Erschöpfung zugrunde gehen. Es ist nun von allergrößter Wichtigkeit, zu erfahren, wievielen solcher gefährlicher Vibrationen ein Maschinenteil ausgesetzt werden darf, bevor er zerbricht. Viele Maschinen wurden erfunden, um die Beanspruchung eines Metalles festzustellen, einige darunter sind nicht sehr leicht zu handhaben. Spannen, Biegen und Drehen mittels Preßluft in einem posaunenähnlichen Apparat ist die neueste, schnellste und einfachste Methode. Diese Prüfmaschine wurde durch die Ingenieure der General Electric Company erfunden.

Die Preßluftmaschine läßt die verschiedenen Metalle und Legierungen bis zu den kritischen Frequenzen vibrieren, um auf diese Weise ihre äußerste Beanspruchungsgrenze binnen weniger Minuten oder Stunden herauszufinden. Die pneumatische Prüfmethode ist vielleicht die rascheste, die es überhaupt gibt. Sie war ursprünglich nur zur Prüfung der Gasturbinenschaufeln bestimmt, hat sich aber, da ihre Handhabung äußerst einfach ist und keine sonderliche Geschicklichkeit erfordert, so gut bewährt, daß sie auch in vielen anderen Industriezweigen Anwendung finden wird. Eine Luftsäule wird durch Dehnen und Pressen auf dieselbe Weise „gestimmt", wie der Trompeter durch Ausziehen des Schiebers die Töne lenkt. Da die Maschine keine beweglichen Teile hat, die sich mit der Zeit abnützen könnten, ist sie dauerhaft und stark; beweglich ist nur das zu prüfende Metallstück.

Mit dieser Maschine kann die Lebensdauer jedes beliebigen Metalles gemessen werden; sie arbeitet so präzise, daß man schon den Beginn des Brechens beobachten kann. Ein weiterer Vorteil der Methode besteht darin, daß man die Prüfung der gefährdeten Maschinenteile auch unter derselben Hochtemperatur durchführen kann, unter der sie späterhin tatsächlich arbeiten müssen. Man kann auf diese Weise heißlaufende Maschinenstücke noch bei 924 Grad Celsius überprüfen.

Das Metallstück wird an einem Kolben befestigt, der lose in zwei zylindrischen Löchern eingepaßt ist; die Preßluft strömt durch diese kleinen Zylinder und vibriert mit derselben Schwingungszahl wie das Metallteilchen. Eine an der Maschine angebrachte Lupe ermöglicht die Messung und Beobachtung der Ausmaße dieser Schwingungen, während ein elektrisches Meßinstrument am Sockel der Maschine die Schwingungszahl in der Sekunde angibt. Zur genauen Bestimmung der Beanspruchungsgrenze werden Tabellen geführt.

Die Maschine vermag geradezu erschreckende Stoßwirkungen hervorzurufen. Sie brachte bereits, obwohl sie nicht mehr Luft benötigt als eine gewöhnliche Kompressions-Luftpumpe, Stöße von 7000 kg auf einem Quadratzentimeter zustande, die der 7000fachen Stärke des Luftdruckes auf Meeresspiegelhöhe entsprechen.

# Grundlagen der UHF-Technik

Wenn man mit den Augen eines Radio- oder Starkstromtechnikers den HF-Teil eines UKW- oder gar eines dm-Gerätes betrachtet, sucht man vergeblich nach den gewohnten Spulen und Leitungen. Die Kontaktstifte der Röhre sind bereits ein Teil der Induktivität, ein kurzes Stück Draht ist schon eine für die HF unüberwindbare Drossel, Gehäuse und Deckel sind Teile des Schwingkreises.

Spricht man von einer elektrischen Leitung, so denkt man gewohnheitsgemäß an etwas ähnliches wie ein Wasserrohr. Das Fließen der kleinsten Elektrizitätsteilchen, der Elektronen, stellt man sich ähnlich vor, wie das Fließen der Wassertröpfchen im Rohr. Nach dieser Vorstellung ist es ganz gleich, an welcher Stelle wir eine Leitung abschneiden, um einen Verbraucher anzuschließen, wie es gleichgültig ist, an welcher Stelle wir ein Wasserrohr abschneiden; immer wird an der Schnittstelle der gesamte Wasserstrom zutage treten. Mit den Erfahrungen der Starkstromtechnik und der Rundfunktechnik stimmt dieser Vergleich auch gut überein. Im Bereich der m- und dm-Wellen zeigt dieser Vergleich — sprichwörtlich hinkt ja jeder Vergleich — seine Schwächen.

Die beiden Drähte einer Doppelleitung wirken wie die Platten eines Kondensators. Zwischen ihnen baut sich ein elektrisches Feld auf. Der Leiter selbst wirkt durch das um ihn entstehende magnetische Feld außerdem wie eine Spule. Die Größen kann man für eine Doppelleitung aus den Formeln

$$C = \frac{\varepsilon\, l}{4 \text{ log. nat. } \left(\frac{d}{r}\right)} \qquad L = 4\, l \text{ log. nat. } \frac{d}{r}$$

berechnen.

Dabei bedeuten:

C . . . Leitungskapazität in cm
L . . . Leitungsinduktivität in cm
$l$ . . . Länge der Leitung in cm
d . . . Abstand der Leitungen in mm
r . . . Radius des Drahtes in mm
$\varepsilon$ . . . Dielektrizitätskonstante des Mediums zwischen den Leitern.

Aus dem Diagramm Bild 1 kann man die Werte für Doppelleitungen und für konzentrische Kabel entnehmen.

Aus den Formeln

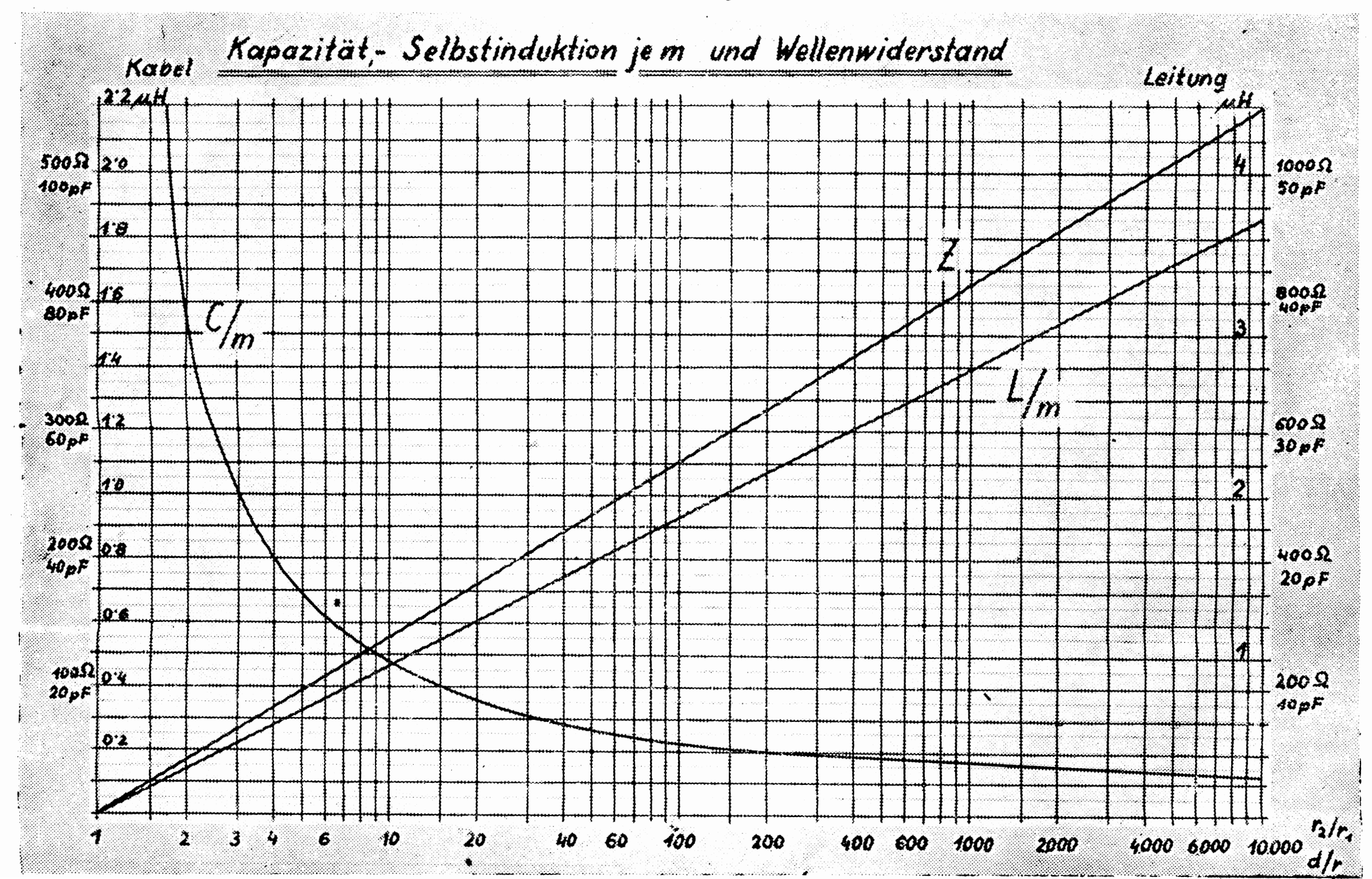
$$R_L = \omega L \text{ und } R_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$\text{wobei } \omega = 2 \pi f$$

die Kreisfrequenz ist, kann man den induktiven und den kapazitiven Widerstandswert errechnen. Man sieht, daß mit zunehmender Frequenz, oder was gleichbedeutend ist, mit abnehmender Wellenlänge, die Spulen- und Kondensatorwirkung ein und derselben Leitung zunimmt. Zum Vergleich ist in nachfolgender Tabelle der induktive Leitungswiderstand und der kapazitive Ableitwiderstand einer 1 m langen Paralleldrahtleitung — Leiterabstand 50 mm, Drahtdurchmesser 5 mm — bei drei verschiedenen Frequenzen zusammengestellt.

| Frequenz | | Induktiver Widerstand | Kapazitiver Ableitwiderst. |
|---|---|---|---|
| 50 Hz | Starkstrom | 0,00038 Ohm | 400 000 000 Ohm |
| 1000 kHz | Rundfunk-Mittelwelle | 7,6 Ohm | 20 000 Ohm |
| 3 000 000 kHz | dm-Welle | 22 600 Ohm | 6,6 Ohm |

Abbildung 1



Aus dieser Zusammenstellung sieht man, daß die Werte bei Starkstrom, wenn es sich nicht gerade um eine sehr lange Ueberlandleitung handelt, vernachlässigt werden können. Bei Mittelwellen tritt die Wirkung schon stärker in Erscheinung. Für beide Fälle gilt noch der Vergleich mit dem Wasserrohr. Bei UKW, dm- oder gar noch kürzeren Wellen muß man aber diese Vorstellung fallen lassen. In diesen Bereichen ist eine exakte Betrachtung der Leitung notwendig. Bild 2a zeigt das Schema einer Leitung mit den üblichen Symbolen. Der Ohmsche Leitungs- und Ableitwiderstand ist dabei vernachlässigt; die Leitung ist dämpfungsfrei.

## Die Leitung bei Gleichstrom.

Um die Vorgänge auf Leitungen zu veranschaulichen, denkt man sich eine lange Leitung an eine Gleichstromquelle gelegt. (Siehe Bild 2.) Im Augenblick des Einschaltens wird ein Strom fließen und von der Stromquelle beginnend die Leitungskapazität aufladen. Die Leitungsinduktivität wird dem Vordringen der Ladeerscheinung (der Strom ändert sich von Null auf den Ladewert) hemmend entgegenwirken. Bild 2b zeigt den Zustand der Leitung in einem Augenblick kurz nach dem Einschalten. Ein Stück der Leitung ist bereits aufgeladen, im Bild durch die das elektrische Feld symbolisierenden Pfeile zwischen den Leitern dargestellt. Der Ladestrom baut um den Leiter ein durch die geschlossenen Kraftlinien dargestelltes magnetisches Feld auf. Die Front dieses Ladevorganges bewegt sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit längs der Leitung. Im Vakuum ist die Geschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit (300.000 km/sec). Bild 2c zeigt den Zustand der Leitung in dem Augenblick, in dem die Ladefront das Ende der Leitung erreicht hat. Der Ladevorgang ist aber wegen der Trägheit der Elektronen noch nicht abgeschlossen. Es fließen weitere Elektronen am Anfang in die Leitung hinein, **da diese Elektronen am Anfang, wie man sehr anschaulich sagen kann, noch gar nicht wissen, daß die Ladewelle schon am Ende der Leitung angelangt ist.** Dadurch erhöht sich die Ladung, das elektrische Feld zwischen den Leitern und damit die Spannung auf den doppelten Wert. Ist der doppelte Wert erreicht, so hat der Strom zu fließen aufgehört und mit ihm ist auch das magnetische Feld verschwunden. Dieser Zustand breitet sich, vom Ende beginnend, mit nahezu Lichtgeschwindigkeit längs der Leitung aus. (Siehe Bild 2d.) Zum Vergleich denke man sich einen dünnwandigen Gummischlauch — etwa von der Beschaffenheit eines Fahrradschlauches — an einem Ende zugebunden und am anderen von einer Wasserleitung gefüllt. Zuerst liegt der Schlauch platt. Das fortschreitende Prallwerden kann man sehr gut beobachten. Ist das zugebundene Ende erreicht, so werden die einzelnen Wasserteilchen zufolge ihrer Trägheit das Bestreben haben, sich weiter in der bisherigen Richtung zu bewegen. Am Ende muß es dadurch zu einer Stauung kommen. Der Schlauch wird sich weiter dehnen. Bei entsprechend gewählter Wassergeschwindigkeit kann man das vom Ende zurücklaufende Dehnen des Schlauches beobachten. Bild 2e zeigt die Leitung in dem Augenblick, in dem die rücklaufende Wellenfront den Anfang der Leitung erreicht hat. Die gesamte Leitung ist auf den doppelten Wert der Ladespannung geladen. Die Leiter sind stromlos, daher ist auch kein magnetisches Feld vorhanden. Da die Spannung der Leitung höher ist als die Spannung der Stromquelle, wird ein umgekehrter Stromfluß, ein Entladen, beginnen. Bild 2f zeigt diesen Vorgang. Das elektrische Feld geht auf den der Stromquellenspannung entsprechenden Wert zurück. Stromrichtung und damit auch die Richtung der magnetischen Feldlinien sind entgegengesetzt gerichtet, wie oben. Die Front dieses Vorganges bewegt sich vom Anfang zum Ende der Leitung. Bild 2g zeigt die Leitung in dem Augenblick, in dem die Erscheinung das Ende erreicht hat. Infolge der oben erwähnten Gründe tritt jedoch eine weitere Entladung ein. Wie Bild 2h zeigt, wird die Leitung vom Ende zum Anfang hin vollständig entladen. Der Ausgangszustand ist erreicht, das Spiel beginnt von neuem. Praktisch hat die Leitung aber noch einen Ohmschen Widerstand, der diesen Vorgang dämpft. Es wird daher weder der theoretische Wert der doppelten Spannung erreicht, noch tritt ein vollständiges Entladen auf. Die

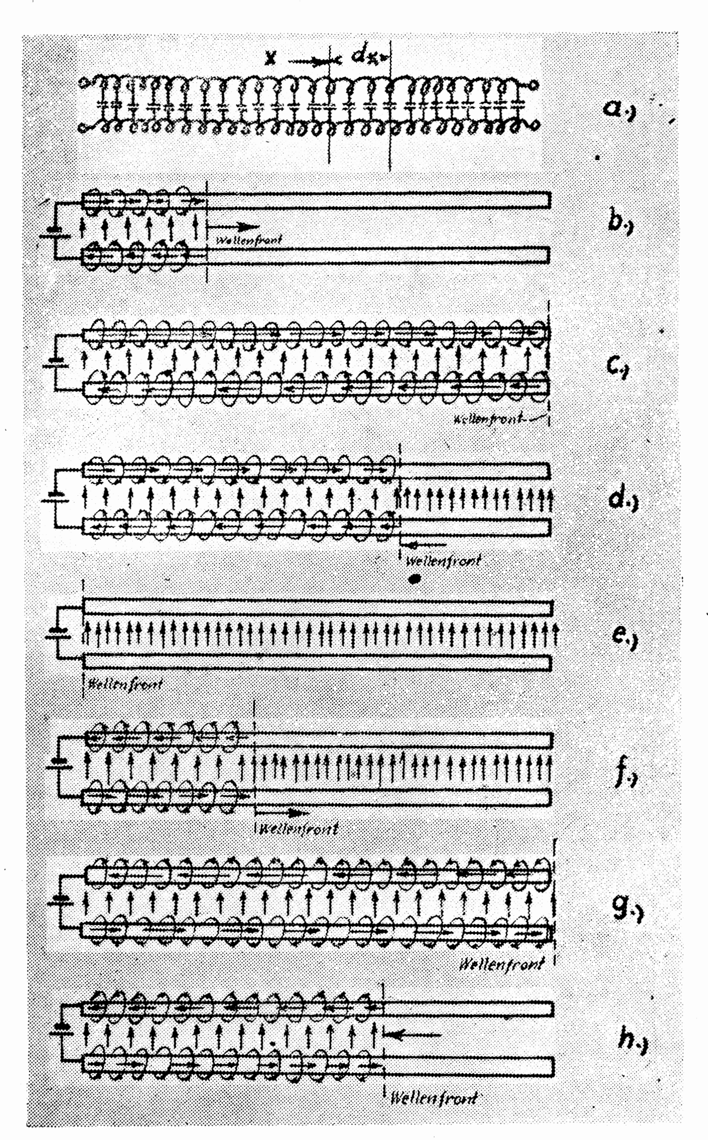



Abbildung 2

zwischen den Leitungs-Enden hin- und herpendelnden Vorgänge werden immer schwächer und klingen allmählich ab. Die Leitung ist dann mit dem Spannungswert der Batterie gleichmäßig geladen.

Schaltet man an eine unter Spannung stehende Leitung eine andere gleichwertige an, so wird im Einschaltaugenblick die Spannung auf den halben Wert absinken. (Siehe Bild 3.) Dieser Vorgang schreitet nach beiden Seiten von der Schaltstelle aus fort. Die weiteren Leitungszustände ergeben sich aus ähnlichen Ueberlegungen wie früher.

Vor der Beschreibung der Vorgänge einer mit Wechselstrom (HF) gespeisten Leitung werden die Begriffe Schwingung und Welle näher erklärt.

## Schwingung und Welle.

Unter Schwingung versteht man einen sich nach einer bestimmten Zeit periodisch wiederholenden Vorgang **eines Elementes,** etwa die Bewegung eines Pendels oder die Bewegung **eines Punktes** einer Violinsaite. Die Zeit, die vergeht, bis der Ausgangszustand wieder erreicht ist, die Zeit, die zum Durchlaufen einer Periode (Phase) erforderlich ist, nennt man die Schwingungsdauer (T gemessen in Sekunden). Die Zahl der Schwingungen, die in einer Sekunde stattfinden, nennt man die Frequenz (f gemessen in per/sec oder Hertz). Trägt man in der Richtung der einen Achse eines Diagrammes die Erscheinung des Schwingungsvorganges, etwa die Lage des oben erwähnten Punktes der Violinsaite, in der Richtung der anderen Achse die Zeit auf und zeichnet man für jeden Zeitpunkt die ihm entsprechende Lage ein, so erhält man ein Bild der

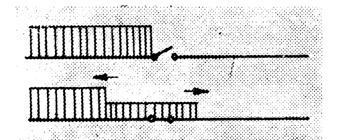


Abbildung 3

Schwingung. Das Schwingungsbild der meisten physikalischen Vorgänge ist eine Sinuslinie. Eine Sinuslinie (z. B. die Spannungsverteilungskurve des Bildes 6) entsteht, wenn man die Höhenlage eines in einem Vertikalkreis umlaufenden Punktes in Abhängigkeit des von ihm zurückgelegten Weges aufzeichnet. Wenn in Hinkunft von einer Schwingung gesprochen wird, so ist immer eine sinusförmige gemeint, obwohl allgemein jeder beliebig sich wiederholende Vorgang als Schwingung bezeichnet wird.

Sind die schwingenden Bewegungen **vieler Elemente** untereinander durch ein Gesetz verbunden, so entsteht eine **Welle.**

Alle Punkte einer Violinsaite sind miteinander fest verbunden. Wird daher ein Punkt in Schwingung gesetzt, so werden dadurch zuerst die benachbarten und später alle Punkte in Schwingung versetzt. Die beiden Endpunkte der Saite liegen durch die Befestigung der Saite fest und können somit keine Schwingung ausführen. Sie werden zu sogenannten Knotenpunkten. Bild 4a stellt das Bild der Saite dar. Der in der Mitte liegende Punkt der Saite schwingt am stärksten, zu den Enden hin nimmt die Stärke sinusförmig ab. Da das Bild im Raum feststeht, spricht man von einer **stehenden Welle.** Bild 4b zeigt das Bild einer Saite, die mit doppelter Frequenz — gleich halber Wellenlänge — schwingt. In der Mitte liegt hiebei auch ein schwingungsloser Knotenpunkt.

Bringt man durch auf- und abbewegen den Endpunkt eines langen Seiles in schwingende Bewegung, so wird diese Bewegung den benachbarten Punkten mitgeteilt. die Bewegung läuft als **„fortschreitende Welle"** entlang dem Seil. Knotenpunkte, d. h. schwingungslose Punkte treten nicht mehr auf.

Die Darstellung eines Wellenvorganges kann man auf zwei Arten vornehmen. Macht man mit einem Photoapparat z. B. alle Zehntelsekunden eine Momentaufnahme des Seiles, so erhält man eine Schar von Bildern. Ein Bild ist die Darstellung der Lage (Abweichung von der Ruhestellung) **sämtlicher** Punkte in **einem** bestimmten Augenblick. Das Bild ist eine Sinuslinie. Bild 4c zeigt mehrere Bilder einer fortschreitenden Welle ineinandergezeichnet.

Zeichnet man in einem Diagramm die Lage **eines** Punktes zu **allen** aufeinanderfolgenden Zeitpunkten auf, so bekommt man ebenfalls eine Sinuslinie. Wiederholt

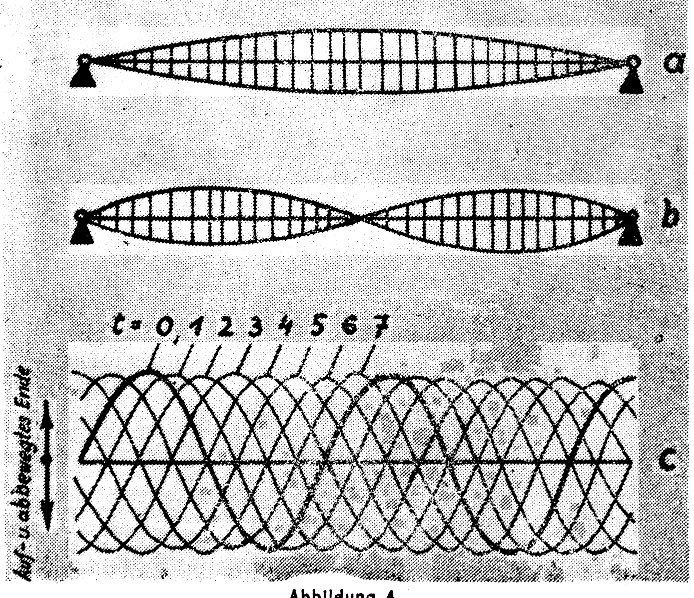



Abbildung 4

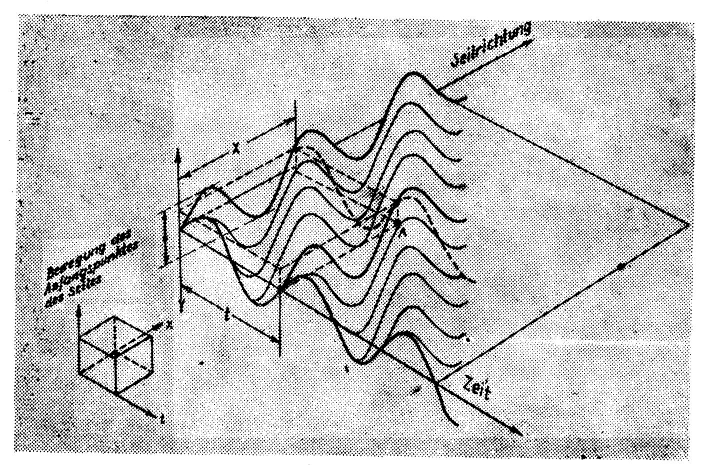



Abbildung 5

man diesen Vorgang für nebeneinander liegende Punkte — etwa im Abstand von 1 cm — so erhält man ebenfalls eine Schar von Bildern.

Beide Bilderscharen stellen ein und denselben Vorgang dar. Die eine ist die Lage-Ortdarstellung des Vorganges zu verschiedenen, in beliebigem Abstand aufeinanderfolgenden Zeitpunkten. Die andere Schar ist die Lage-Zeitdarstellung des Vorganges von Punkten in beliebig gewähltem räumlichen Abstand. Durch eine Kurvenschar ist auch schon die andere festgelegt und läßt sich aus dieser zeichnen. Will man den Wellenvorgang in einem Diagramm zeichnen, so muß man dazu ein räumliches System wählen. Die Lage eines Punktes ist ja von zwei Größen abhängig. Einmal vom Zeitpunkt der Betrachtung und das anderemal vom Ort, von der Stelle, an der der betrachtete Punkt liegt. Der Ort des betrachteten Punktes wird durch die Angabe der Entfernung von einem Endpunkt aus festgelegt. Bild 5 zeigt diese Darstellung. In einer Richtung ist die Länge des Seiles (die räumliche Aufeinanderfolge der einzelnen Punkte) eingetragen. In der zweiten Richtung die Lage, d. h. die Abweichung des schwingenden Punktes von der Mittelstelle. In der dritten Richtung ist die Zeit aufgetragen. Die gekrümmte Ebene ist die Darstellung der Lage **sämtlicher Punkte zu allen Zeitpunkten.** Sie sieht aus, wie ein unter 45° abgeschnittenes Stück Wellblech. Will man aus dem Diagramm die Lage eines bestimmten Punktes — der Punkt ist durch die Angabe des Abstandes vom Anfang eindeutig festgelegt — zu einem bestimmten Zeitpunkt ermitteln, so sucht man den Schnittpunkt der Zeitlinie mit der Ortlinie (Punkt A). Der senkrechte Abstand von diesem Punkt zur darüberliegenden Ebene gibt die gesuchte Lage an. Eine senkrecht zur Zeitachse gelegte Ebene schneidet die Fläche in einer Sinuslinie. Diese Linie ist die Darstellung sämtlicher Punkte in einem Augenblick. Eine senkrecht zur Ortsachse gelegte Ebene hat ebenfalls eine Sinuslinie als Schnittlinie. Diese Linie ist die zeitliche Aufeinanderfolge der Lagen **eines** schwingenden Punktes. Aus dieser Darstellung kann man den Zusammenhang der zwei eingangs erwähnten Kurvenscharen leicht erkennen.

### Die Leitung bei HF-Speisung.

Eine Leitung besteht aus zusammengeschalteten Induktivitäten und Kapazitäten (siehe Bild 2a) und ist somit ein schwingfähiges Gebilde. Drückt man durch Anlegen der Leitung an eine HF-Stromquelle dieser eine Schwingung auf, so wird sich diese Schwingung längs der Leitung wellenartig fortpflanzen. Betrachtet man die Leitung in einem bestimmten Augenblick, so werden nicht alle Punkte der Leitung gleiche Spannung haben. Die Spannungsverteilung wird, hervorgerufen durch eine sin-förmige Speisespannung, wohl auch sinusförmig sein, wie aus dem Vergleich mit dem Seil leicht zu entnehmen ist. Erreicht die fortschreitende Welle das Ende der Leitung so tritt eine (schon bei der Speisung mit Gleichstrom besprochene) Reflexionserscheinung auf. Zum Unterschied von der Gleichstromleitung wird der Schwingungsvorgang durch die HF-Quelle — die in ihrer Wirkung einem andauernden Ein-, Aus- und Um-

schalten gleichkommt — aufrechterhalten. Auf der Leitung werden somit dauernd zwei fortschreitende Wellen laufen. Einmal die Speisewelle vom Anfang zum Ende der Leitung und das anderemal die Reflexionswelle vom Ende zum Anfang der Leitung. Die Reflexionswelle ist in ihrer Wirkung gleich, als würde die Leitung am Ende ebenfalls durch eine HF-Quelle gespeist werden. Die Summe beider Wellen (Ueberlagerung) ergibt die tatsächliche Spannungsverteilung. Das gleiche gilt für die Stromverteilung. Die Strom- und Spannungsverteilung hängt von folgenden Punkten ab:

1. Widerstandswerte der Leitung — kapazitiver, induktiver, Ohmscher und Ableitwiderstand.
2. Vom Abschluß der Leitung (Belastung).
3. Von der Frequenz der Stromquelle.
4. Von der Länge der Leitung.

Strom- und Spannungsverteilung läßt sich in allgemeiner Form berechnen.*) Durch Einsetzen der besonderen Bedingungen in die allgemeinen Formeln lassen sich die verschiedenen Spezialfälle berechnen.

---

*) Die mathematische Behandlung kann ohneweiters übergangen werden. Gegeben ist eine Leitung mit folgenden Kennwerten:

L' ...... Induktivität in H/km
C' ...... Kapazität in F/km
R' ...... Ohmscher Widerstand in Ohm/km
G' ...... Ableitleitwert in Mho/km

Gesucht ist die Gleichung (Formel), die die Spannung in Abhängigkeit des Ortes (festgelegt durch den Abstand x vom Ende der Leitung) und der Zeit angibt. Desgleichen eine Formel für den Strom. Die Gleichungen haben die allgemeine Form

$$U = f_1(x, t,) \quad \text{und} \quad I = f_2(x, t,)$$

An einem Punkt im Abstand x (siehe Bild 2a) sei die Spannung U. Dann ist die Spannung in einem Punkt, der um den kleinen Betrag dx weiter liegt, im gleichen Augenblick $U + \frac{\delta \mathfrak{U}}{\delta x} dx$.

Die Spannungsänderung $\frac{\delta \mathfrak{U}}{\delta x} dx$ ist die Summe aus dem Ohmschen Spannungsabfall längs des Stückes dx: plus des durch die Induktivität längs des Stückchens dx hervorgerufenen Spannungsabfalls. (Die Ohmschen Werte sind in Bild 2a nicht eingezeichnet.)

Es ist also

$$\frac{\delta \mathfrak{U}}{\delta x} dx = -R' dx \mathfrak{J} - L' dx \frac{\delta \mathfrak{J}}{\delta t}$$

Die Stromänderung $\frac{\delta \mathfrak{J}}{\delta x}$ dx längs des Stückchens dx setzt sich zusammen aus dem Verluststrom durch die Ableitung und dem Ladestrom der Leistungskapazität längs dx.

$$\frac{\delta \mathfrak{J}}{\delta x} dx = -G' dx \mathfrak{U} - C' dx \frac{\delta \mathfrak{U}}{\delta t}$$

Kürzt man beide Gleichungen durch dx und differenziert man die erste partiell nach $\delta x$, die zweite nach $\delta t$, so erhält man:

$$\frac{\delta \mathfrak{U}}{\delta x^2} = R' G' \mathfrak{U} + (R' C' + L' G') \frac{\delta \mathfrak{U}}{\delta t} + L C \frac{\delta \mathfrak{U}}{\delta t^2}$$

die sogenannte Telegraphengleichung.

Die Lösung dieser Differentialgleichung ist unter Voraussetzung einer sin-förmigen Speisespannung

$$\mathfrak{U} = A_1 e^{\gamma x} + A_2 e^{-\gamma x}$$

$$\mathfrak{J} = \frac{L}{\mathfrak{Z}}\left(-A_1 e^{-\gamma x} + A_2 e^{-\gamma x}\right)$$

wobei

$\mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{R' + JwL'}{G' + JwC'}}$ der sogenannte Wellenwiderstand

$$\gamma = \sqrt{(l' + JwL')\,(G' + JwC')}$$

die Fortpflanzungskonstante ist. $A_1 + A_2$ sind Konstanten, deren Größe sich aus den Abschlußbedingungen ergeben.

Aus den gefundenen Gleichungen ersieht man, daß Strom- und Spannungsverteilung je aus zwei gegenläufigen Wellen besteht. Eine Welle läuft vom Anfang zum Ende, die andere vom Ende zum Anfang.

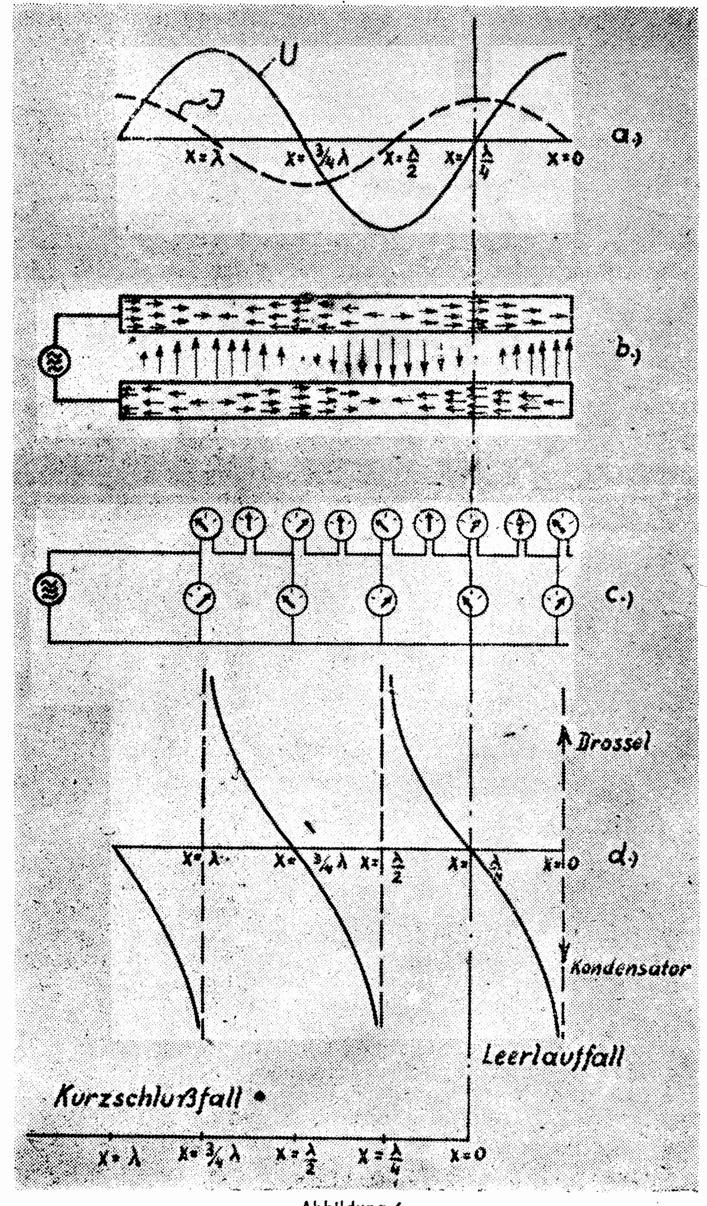



Abbildung 6

### Die offene, dämpfungsfreie Leitung.

Kann man durch entsprechend großen Querschnitt und durch gute Isolation die Ohmschen Komponenten vernachlässigbar klein halten, so hat man eine dämpfungsfreie Leitung. ist das Leitungsende offen, so wird die Welle völlig reflektiert. Die beiden gleich großen **fortschreitenden** Wellen (Speise- und Reflexionswelle) ergeben zusammen, wie die Rechnung zeigt, eine **stehende** Welle. Die Spannungs- und Stromverteilung zeigt Bild 6a—c. Bei x = $\lambda/4$ $3\lambda/4$ $5\lambda/4$ .... sind Spannungsknoten also Punkte, in denen die Spannung zu allen Zeitpunkten null ist. Man kann daher die Leitung in diesen Punkten ohne weiteres ohne Isolation befestigen, genau so, wie man den mittleren Knotenpunkt bei der schwingenden Saite der Abbildung 4b festhalten kann, ohne daß sich dabei etwas ändert. Bei x = 0, $\lambda/2$, $\lambda$ .... treten Stromknoten auf, also Stellen, an denen kein Strom fließt. Es ist im ersten Augenblick verwunderlich, daß in ein und derselben Leitung an verschiedenen Stellen verschiedene Stromstärke vorhanden ist, da man im Unterbewußtsein immer noch die Vorstellung der Rohrleitung hat. Daß am offenen Ende die Stromstärke null ist, folgt schon aus der Frage: Wohin sollte der Strom denn fließen, wenn er nicht null wäre? Das offene Ende bedingt somit einen Stromknoten. Daß im Abstand der halben Wellenlänge weitere Knoten auftreten, ist an der Analogie der schwingenden Saite auch leicht einzusehen.

Für die Stromquelle stellt die Leitung einen Scheinwiderstand dar. Bei vernachlässigbareren Ohmschen Komponenten ist dies ein reiner Blindwiderstand. Die Größe läßt sich nach dem Ohmschen Gesetz $R = U : I$ berechnen. U und I sind die im Anschlußpunkt vorhandenen Werte. Führt man die Rechnung für verschieden lange Leitungen gleicher Beschaffenheit durch, ergeben sich verschiedene Werte, da ja gemäß den Strom- und Spannungsverteilungskurven an den verschiedenen Stellen der Leitung verschiedene Strom- und Spannungswerte sind. In Bild 6d ist der errechnete Widerstandswert über der entsprechenden Leiterlänge aufgetragen. Daraus sieht man, eine Leitung von der Länge $o - \lambda/4$ belastet die Stromquelle wie ein Kondensator. Die Größe des kapazitiven Widerstandes kann aus der Kurve des Bildes 6d entnommen werden. Eine Leitung von der Länge $\lambda/4$ hat den Widerstand null; wirkt wie ein Kurzschluß (Stromresonanz). Eine Leitung von der Länge $\lambda/4 - \lambda/2$ stellt einen induktiven Widerstand dar. Eine Leitung von der Länge $\lambda/2$ stellt einen unendlich großen Widerstand dar (Spannungsresonanz). Mit der Länge $\lambda/2 - 3\lambda/4$ wirkt die Leitung wieder wie ein Kondensator usw.

### Die am Ende kurzgeschlossene Leitung.

Ist eine Paralleldrahtleitung am Ende kurzgeschlossen, so muß an dieser Stelle ein Spannungsknoten liegen. Im Kurzschlußpunkt kann ja keine Spannung auftreten. Die Strom- und Spannungsverteilung, sowie die Widerstandskurven der Abbildung 6 gelten, wenn man sich die Leitung längs der strichpunktierten Linie abgeschnitten und kurzgeschlossen denkt. Eine kurzgeschlossene und eine um $\lambda/4$ längere offene Leitung verhalten sich gleich.

### Die unendlich lange Leitung.

Bei einer unendlich langen Leitung fehlt die reflektierte Welle, da die Ladewelle ja immer weiter laufen kann. Es tritt somit keine stehende, sondern nur eine fortschreitende Welle auf. In einem Augenblick betrachtet, hat man ebenfalls sin-förmige Strom- und Spannungsverteilung, nur schreitet diese Verteilung längs der Leitung fort, so daß in jedem Punkte der Strom sinusförmig zwischen null und einem für alle Punkte gleichen Scheitelwert schwankt. Strom- und Spannungsverteilung sind daher gleichmäßig. Die Leitung stellt in allen Punkten den gleichen Widerstand dar. — Bei einer unendlich langen Leitung ist es ja gleichgültig, ob man am Anfang ein Stück abschneidet.

### Der Wellenwiderstand.

Der Widerstand, den eine unendlich lange Leitung darstellt, heißt der Wellenwiderstand.

$$\mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{R' + jwL'}{G' + jwC'}}$$ für eine allgemeine Leitung

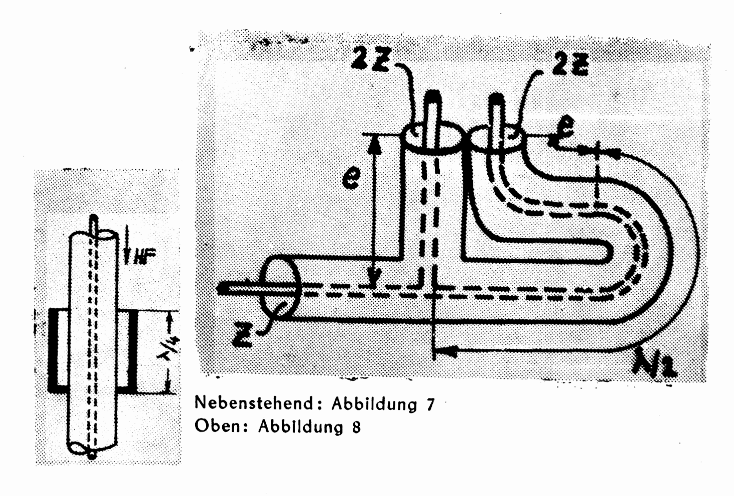
$$\mathfrak{Z} = Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$ für eine dämpfungsfreie Leitung $R = O$

$$Z = 120 \ln \frac{d}{r}$$ für eine Paralleldrahtleitung

$$Z = 60 \ln \frac{r_2}{r_1}$$ für ein konzentrisches Kabel.

Aus dem Diagramm Bild 1 kann der Wellenwiderstand direkt ermittelt werden.

Belastet man eine Leitung mit einem Widerstand von der Größe des Wellenwiderstandes, so verhält sich die Leitung so, wie eine unendlich lange. Stehende




Nebenstehend: Abbildung 7
Oben: Abbildung 8

Wellen treten nicht auf. Die Leitung ist an die Belastung angepaßt. Für die Praxis ist richtige Anpassung wichtig, da infolge der gleichmäßigen Stromverteilung die geringsten Verluste auftreten.

### Die mit einem beliebigen Widerstand belastete Leitung.

Ist die Leitung mit einem Widerstand, der nicht den Wert des Wellenwiderstandes hat, belastet, so tritt neben der fortschreitenden eine stehende Welle auf. Die Strom- und Spannungsverteilungskurve schwankt zwischen den Werten $U_a$ und $U_a \frac{Z_a}{R_a}$ und $I_a$ und $I_a \frac{Z_a}{R_a}$ Der Abstand der extremen Werte ist $\lambda/2$. Für die Stromquelle stellt die Leitung einen Widerstand je nach Länge von $R_a \ldots Z^2/R_a$ dar.

### Die konzentrische Leitung.

Bei einer konzentrischen Leitung ist der eine Leiter ein Rohr, in dessen Achse sich der zweite Leiter befindet. Sie verhält sich genau so, wie eine Paralleldrahtleitung.

### Beispiele praktischer Anwendungen.

Paralleldrahtleitungen und konzentrische Kabel werden zur Fortleitung von HF-Energie verwendet. So lange der Abstand der Leiter klein zur Wellenlänge ist, tritt keine nennenswerte Abstrahlung auf, da das Feld eines Leiters durch das des anderen aufgehoben wird.

Um das Auftreten von Energie auf der Außenseite von Rohrleitungen zu vermeiden, bringt man den sogenannten $\lambda/4$-Sperrtopf an. Siehe Bild 7. Der zylindrische Topf, von der Länge einer Viertel-Welle, und der äußere Mantel der Leitung bilden zusammen eine konzentrische Leitung, die am Ende kurzgeschlossen ist. Nach dem früher Gesagten hat die kurzgeschlossene $\lambda/4$-Leitung die Wirkung einer unendlich großen Drossel.

Um von einer konzentrischen Leitung auf eine Paralleldrahtleitung überzugehen oder umgekehrt, wird die $\lambda/2$-Umwegleitung verwendet. Die konzentrische Leitung mit dem Wellenwiderstand Z wird in zwei parallelgeschaltete Leitungen mit dem Wellenwiderstand 2Z aufgeteilt. Um die Gegenphasigkeit der beiden Ströme zu erzielen, ist die eine Leitung um die halbe Wellenlänge länger. Siehe Bild 8.

Eine am Ende kurzgeschlossene Leitung von der Länge $\lambda/4$ stellt einen auf Resonanz abgestimmten Schwingkreis dar. Durch Verschiebung des Kurzschlußbügels läßt sich leicht der genaue Resonanzpunkt ermitteln.

Aus diesen paar Beispielen sieht man, daß sich bei sehr kurzen Wellen viele Aufgaben konstruktiv sehr einfach lösen lassen. Doch bereiten unbedingt notwendige Leitungen (wie z. B. die Verbindung von den Sockelstiften mit den Gittern einer Röhre), an denen dieselben Erscheinungen auftreten, oft erhebliche Schwierigkeiten.

# BAUANLEITUNG: RÖHRENPRÜFGERÄT

Ein Wunschtraum vieler Radiobastler ist der Besitz eines Röhrenprüfgerätes, denn immer wieder taucht bei Reparaturarbeiten oder aber auch beim Neubau die Frage auf: „Ist die Röhre der betrachteten Stufe auch gut?“ Da der Anschaffungspreis eines Röhrenprüfgerätes aber sehr hoch ist, blieb es meistens beim Wunschtraum.

In der nachfolgenden Bauanleitung wird der verschiedenen finanziellen Lage und den verschiedenen Bedürfnissen Rechnung getragen und bei der Besprechung der Teile immer mehrere Möglichkeiten in Erwägung gezogen.

Neben der Röhrenprüfung und der Messung von Gleichströmen ist das Gerät ein sehr universelles Netzanschlußgerät, das sämtliche Heizspannungen und verschiedene Anoden- und Gitterspannungen liefert. Wer sich später noch andere Geräte, wie Meßsender, Schwebungssummer, Meßverstärker usw., bauen will, kann die Spannungen dem Gerät entnehmen und erspart sich so den jeweiligen Netzteil. Steckt man eine gute Röhre in den passenden Sockel und bringt zwischen Gitter und Kathode einen zusätzlichen Spannungsteiler an, so erhält man bereits ein Röhrenvoltmeter. Durch ein paar kleine Zusätze, wie Widerstände usw., läßt sich die Verwendungsmöglichkeit bedeutend erweitern. Das Gerät ist zu verwenden:

a) Zum Prüfen von sämtlichen handelsübl. Röhren.
b) Zur Kennlinienaufnahme dieser Röhren.
c) Zur Messung von Gleich- und Wechselströmen und Spannungen.
d) Als Röhrenvoltmeter.
e) Als Tastvoltmeter (Messung von HF-Spannungen).
f) Zur Prüfung von Widerständen und Kondensatoren.
g) Als Netzgerät. (Für Meßsender, Meßverstärker usw.)

### Allgemeines über Röhrenprüfung.

Die hauptsächlichsten Ursachen, die zum Unbrauchbarwerden einer Röhre führen, sind:

1. Das Durchbrennen des Heizfadens.
2. Entstehen von Kurzschlüssen zwischen den einzelnen Elektroden.
3. Verschlechterung des Vakuums.
4. Abnahme der Emission.

Die Prüfung der Röhre wird in fünf Abschnitten durchgeführt.

1. Bei der **mechanischen** Vorprüfung wird die Röhre auf äußere, leicht zu erkennende Mängel, wie lockere oder stark verschmutzte Kontakte, mechanische Schäden usw. untersucht. Das Eindringen von Luft ist an der milchig-weißen Färbung feststellbar.

2. In der **Vorprüfung** wird die Röhre auf Bruch des Heizfadens und auf Kurzschluß zwischen den Elektroden untersucht. Nur wenn die Röhre die Vorprüfung bestanden hat, darf man zur Hauptprüfung übergehen, da Elektrodenschluß zur Beschädigung des Prüfgerätes führen kann

3. **Messung des Anodenstromes.** Durch Altern oder auch durch Ueberheizen nimmt die Emission und damit der Anodenstrom ab. Die Röhre wird zur Prüfung an dieselben Spannungen gelegt, wie im normalen Betrieb und der Anodenstrom gemessen. Die Abnahme des Anodenstromes, bezogen auf den Wert einer neuen Röhre, wird zur Beurteilung der Röhre herangezogen. Als gut werden im allgemeinen Röhren, deren Anodenstrom noch 80—100 % erreicht, bezeichnet. Als noch brauchbar, wenn der Wert 60—80 % beträgt. Röhren mit unter 60%iger Emission werden als unbrauchbar bezeichnet. Für manche Zwecke, bei denen nur ein sehr kleiner Anodenstrom erforderlich ist, sind auch diese Röhren unter Umständen zu verwenden. Anderseits versagen gute Röhren oft in besonderen Stufen, wie UKW - Schwing - Stufen usw., obwohl sie an anderen Stellen noch lange Zeit brauchbar sind.

4. Ein exaktes Bild vom Zustand einer Röhre bekommt man aus den **aufgenommenen Kennlinien** durch Vergleich mit den Kennlinien von neuen Röhren. (Steilheit, Kurvenform, Geradlinigkeit.) Die Aufnahme von Kennlinien ist jedoch nur in Zweifelsfällen oder bei besonderen Umständen erforderlich.

5. **Prüfung des Vakuums.** Durch Einschalten eines hochohmigen Widerstandes in den Gitterkreis ändert sich der Anodenstrom. Die Aenderung wird zur Begutachtung des Vakuums verwendet. Bei einer einwandfreien Röhre wird durch das Abfließen der auf das Gitter auftreffenden Elektronen (bei Gittervorspannung Null) am Widerstand eine negative Spannung erzeugt. Daher geht der Anodenstrom beim Einschalten des Widerstandes zurück. Sind in der Röhre Gasreste oder ist Luft eingedrungen, so werden die Luftmoleküle durch Auftreten der Elektronen in + geladene Jonen und in Elektronen gespalten. Die am Gitter auftreffenden + Jonen bewirken einen umgekehrt fließenden Gitterstrom. Daher steigt beim Einschalten des Widerstandes der Anodenstrom oder zumindest wird die Anodenstromabnahme kompensiert. Solche Röhren neigen zum Pfeifen und sind unbrauchbar.

### Der Stromversorgungsteil.

Zur Prüfung der verschiedenen Röhrentypen muß das Gerät alle erforderlichen Heizspannungen liefern. Um nicht für jede Spannung eine eigene Anzapfung ausführen zu müssen — dadurch würde die Ausführung des Trafos schwierig und teuer — wird die in Bild 1 gezeichnete Schaltung verwendet. Durch Kombination von 12 Spannungen — durch Umstecken von zwei Stöpseln — lassen sich folgende Spannungen bilden: 1,2; 1,4; 2, 2,5; 2,8; 3,4; 4,05; 5,0; 6.25; 7; 7,5; 10; 11,2; 12,5; 14; 15,4; 16; 19; 20; 21,2; 24; 30; 34; 40; 44; 45; 50; 56; 60; 90; 95; 100; 110 Volt. Die nicht als Heiz-Spannung üblichen Werte sind weggelassen worden. Bei manchen Werten geben sich kleine, unbedeutende Abweichungen.

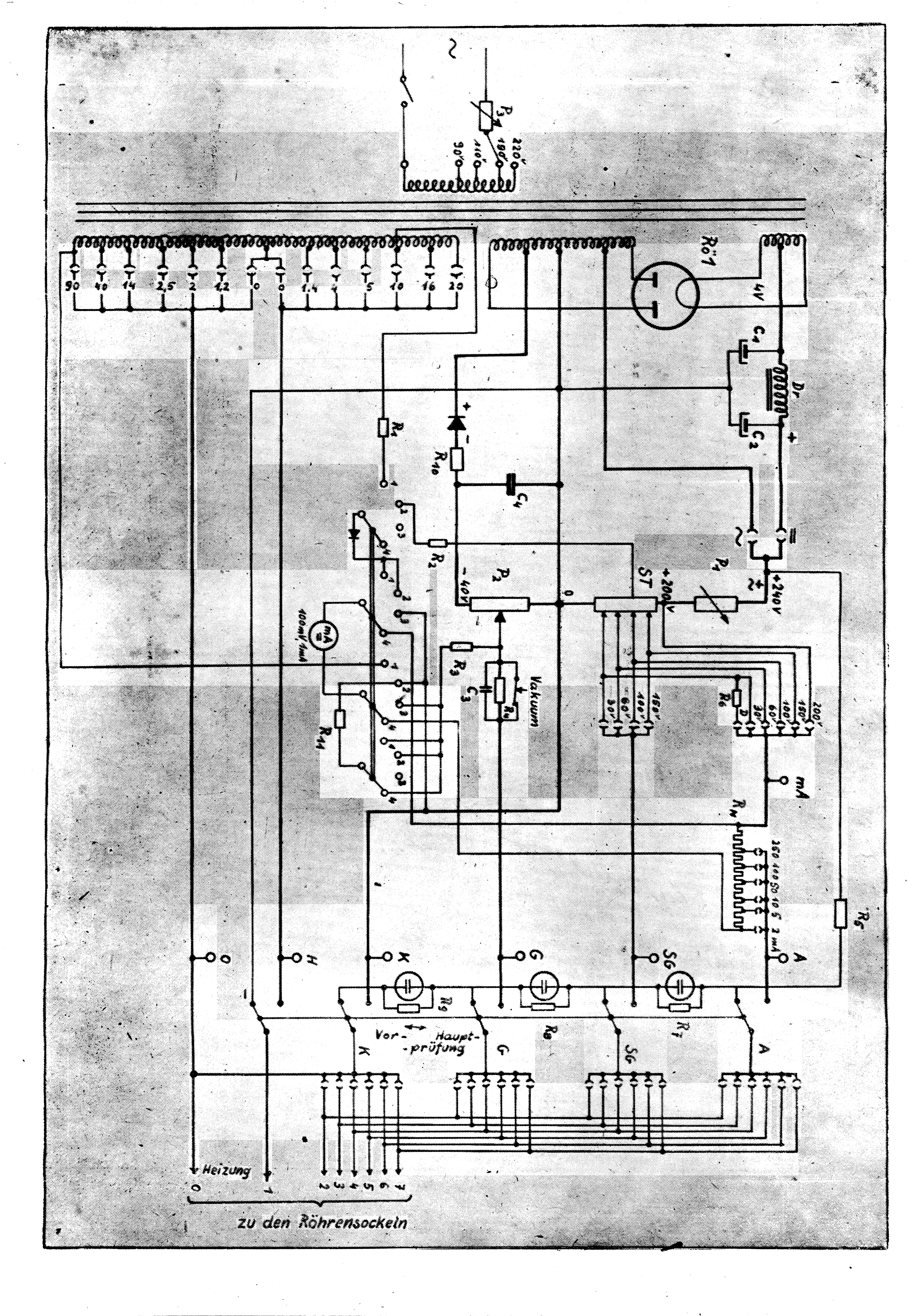
Die in Bild 1 bei den einzelnen Abzweigungen eingetragenen Werte geben die Spannung zwischen Null und der betreffenden Anzapfung an. Um die Spannung 7,5 zu erhalten, muß ich den einen Stöpsel bei 2,5, den anderen bei 5 einstecken.

Die Gleichspannungsversorgung erfolgt aus einer normalen Doppelwegschaltung. Einem angeschlossenen Spannungsteiler kann man die erforderlichen Spannungen entnehmen (200, 150, 100, 60, 30 Volt). Durch Setzen eines Stöpsels kann der Spannungsteiler wahlweise mit Gleich- oder Wechselstrom (zur Gleichrichterröhrenprüfung) versorgt werden.

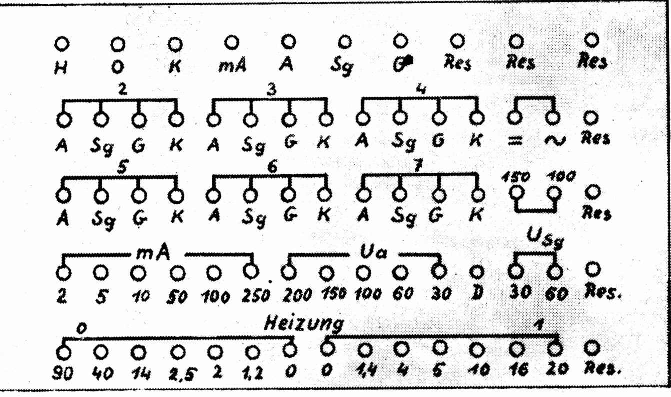
Bei starken Netzunterspannungen ist die zur Messung notwendige genaue Einhaltung der Heizspannung nicht gegeben, daher erfolgt die Stromversorgung über einen regelbaren Vorwiderstand. Zur Einstellung des richtigen Wertes wird das Meßinstrument über den Umschalter (Stellung 1) über einen kleinen Meßgleichrichter — verwendbar ist jeder Trockengleichrichter, Sirutor oder ähnliches — an die Heizwicklung gelegt. Anschlußpunkt und Vorwiderstand sind so zu wählen, daß bei

---

*Die Redaktion „das elektron“ bittet alle Leser, zur Ergänzung des Archives, um Ueberlassung von Daten wenig gebräuchlicher Röhren, Schaltungen von Industrieempfängern usw.*



Rö1
Dr
Vakuum
ST
Vor-
Haupt-
-prüfung
Heizung
zu den Röhrensockeln




Linke Seite: Abbildung 1 — Oben: Abbildung 2

richtig eingeregelter Spannung der Zeiger auf eine besondere, mit ~ bezeichnete Marke zeigt. Will man das Oeffnen des Meßinstrumentes zum Anbringen der Marke vermeiden, da dabei das Meßwerk sehr leicht beschädigt wird, so wählt man dazu den Skalenstrich 220 oder 22. Ist die Netzspannung durch Einstellen des Vorwiderstandes richtig eingestellt, so hat jede abgegriffene Heizspannung den richtigen Wert. Nachteilig bei der Verwendung eines Vorwiderstandes ist, daß bei der Kennlinienaufnahme von Endröhren (großer Anodenstrom) mit steigender Belastung die Netzspannung nachgibt. Ein Nachregeln bei der Aufnahme der Kennlinie ist erforderlich. Durch Verwendung mehrerer Anzapfungen der Primärwicklung und Verwendung eines Umschalters wird dieser Nachteil vermieden. Die Regelung ist dann stufenweise. Wird das Gerät als Netzgerät für andere Zwecke verwendet, bei denen die Einhaltung einer genauen Spannung nicht erforderlich ist, dafür aber Belastungsunabhängigkeit notwendig ist, wird der Laschenumschalter auf die Anzapfung 220 bzw. 110 gelegt und der Widerstand auf Null gestellt. Wer das Gerät billiger bauen will und auf die Regelung verzichtet (etwa günstige örtliche Netzverhältnisse), kann den Regelwiderstand weglassen. Es wird jedoch empfohlen, bei Anfertigung des Trafos die Anzapfungen (190 und 90 V) vorzusehen, um den Regelwiderstand auch nachträglich noch einbauen zu können.

Bei der Prüfung von Endröhren ändert sich aber auch der Spannungsabfall im Spannungsteiler. Um auch hier nachregeln zu können, ist das Potentiometer $P_1$ vorgesehen. In Stellung 2 des Umschalters liegt das Meßinstrument über Gleichrichter und Vorwiderstand an am Spannungsteiler. Anzapfpunkt und Vorwiderstand werden so gewählt, daß bei Wechselstrom und richtig eingeregelten Verhältnissen der Zeiger wieder auf die mit ~ bezeichnete Marke zeigt. Bei Gleichstrom ist die Anzeige größer. (Bei Wechselstrom wurde durch die Halbweggleichrichtung nur der halbe Mittelwert angezeigt.) Für Gleichstrom ist daher eine eigene Marke anzubringen. Ist der Ausschlag zu groß, so ist der Punkt für Wechselstrom tiefer zu wählen. (Größerer Vorwiderstand.) Wer das Gerät besonders gut ausrüsten will, kann statt des Ohmschen einen Glimmröhren-Spannungsteiler (280 V) 80 V verwenden. Die Spannungsregelung erfolgt selbsttätig. Die Wechselspannung muß dann verschiedenen Anzapfungen entnommen werden. Wer das Gerät billig ausführen will und auf die Spannungsregelung verzichtet, kann das Potentiometer, Trockengleichrichter und Meßwiderstand weglassen. Je größer der Querstrom im Spannungsteiler, desto weniger ändert sich die Spannung bei Belastung. Ein stärkerer Querstrom erfordert aber wieder eine stärkere Gleichrichterröhre.

In Stellung 3 liegt das Meßinstrument an der durch $P_2$ veränderlichen Gittervorspannung. Der Vorwiderstand ist so zu wählen, daß die Spannung direkt abgelesen werden kann. In die Gitterleitung ist der eingangs besprochene Hochohmwiderstand zur Vakuumprüfung eingebaut.

In Stellung 4 liegt das Meßinstrument an dem im Anodenkreis liegenden Nebenwiderstand. Durch Stöpseln kann der Bereich gewählt werden. Der jeweils nicht vom Anodenstrom durchflossene Teil des Nebenwiderstandes wirkt als Vorwiderstand und ist bei der Berechnung zu berücksichtigen.

Das Meßinstrument ist ein Drehspulmeßinstrument. Empfindlichkeit etwa 1 mA 100 mV. Skala 50 Teilstriche. Wer mehr aufwenden will, kann auch vier Instrumente einbauen. Wer ein gutes Universalinstrument besitzt, kann die Meßstellen an Buchsen führen und das Instrument dort anstecken.

Statt des Umschalters kann man auch vier Tasten anordnen. Dabei ist zu beachten, daß durch gleichzeitiges Drücken von zwei Tasten, z. B. $I_a$ und $U_a$ Kurzschluß entsteht. Man muß dann durch Anbringen von zusätzlichen Unterbrecherkontakten diese Gefahr ausschließen. — In alten Fernsprechapparaten oder Vermittlungskästen sind gut verwendbare Kontaktsätze enthalten. —

Ueber den Umschalter Vor-Haupt-Prüfung werden die Spannungen an Verteilerschienen gelegt und durch Setzen von Stöpseln den für die jeweilige Röhre in Frage kommenden Sockelkontakten zugeführt. Die Sockelkontakte sämtlicher Sockeln sind parallel geschaltet. Die an 0 und 1 liegende Heizung wird an die jeweils für die Heizung normungsmäßig festgelegten Sockelkontakte angeschlossen. Bei einer Art von amerikanischen Röhren liegt die Heizung abweichend. Dafür setzt man einen zweiten Sockel, um den komplizierteren Umschaltmechanismus zu ersparen. Wer das Gerät klein ausführen will, kann die Sockel im Deckel des Koffers unterbringen.

In der Stellung Vorprüfung liegen Anode, Schirmgitter, Gitter, Kathode und Heizung an drei in Serie geschaltete Glimmlampen. Bei der Vorprüfung ist folgender Stromverlauf: Von + über den Strombegrenzungswiderstand R 5, über die drei Glimmlampen, den Schalterkontakt Kathode, zur Heizleitung o, über Heizfaden Heizleitung 1 nach —. Ist der Heizfaden in Ordnung, so werden die Lampen aufleuchten. Besteht zwischen den einzelnen Elektroden ein Kurzschluß, so werden die zwischen den kurzgeschlossenen Elektroden liegenden Lampen verlöschen. Nur wenn alle drei Lampen aufleuchten hat die Röhre die Vorprüfung bestanden.

Die Buchsen, die zur Auswahl der Spannungen, des Meßbereiches und der notwendigen Verbindungen dienen, werden in ein Feld zusammengefaßt. Die Anordnung dieses Wahlfeldes zeigt Bild 2. Schneidet man sich aus dünnem Karton eine Karte und durchlocht diese an den Stellen, wo ein Stöpsel zu setzen ist, so braucht man bei der Prüfung nur die Karte auf die Wahlplatte zu legen und in sämtliche Löcher Stöpsel zu stecken. Schäden, wie Durchbrennen des Heizfadens durch falsch eingestellte Spannung, Ueberlasten des Instrumentes durch falschen Bereich usw., welche bei Röhrenprüfgeräten mit Wahlschaltern leicht vorkommen, sind dadurch ausgeschlossen. Auf der Karte kann man noch alle für die Röhrentype wichtigen Daten und Schaltungen vermerken. Wem das Anlegen der Karten zu mühsam ist, der kann sich die Stellungen der Stifte auch in Tabellen zusammenstellen und Karten nur für häufig zu prüfende Röhren anlegen.

Die oberste Reihe des Wahlfeldes besteht aus normalen Buchsen. Hier können die verschiedenen Spannungen entnommen, sowie Röhren mit außenliegenden Anoden oder Gitterkontakten angeschlossen werden.

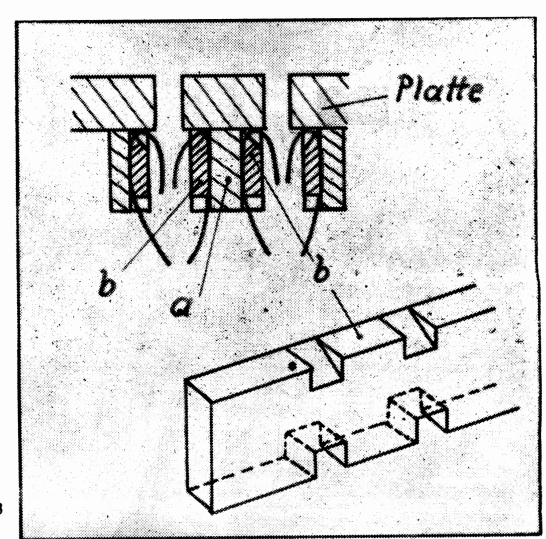



Abbildung 3

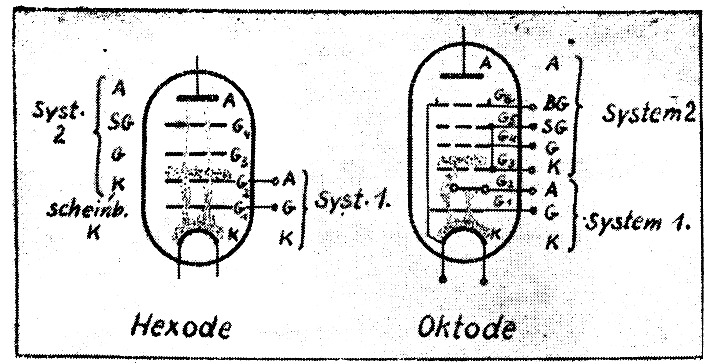


Abbildung 4

Für spätere Erweiterungen sind einige Reservebuchsen vorgesehen. Bild 3 zeigt eine Möglichkeit der Herstellung der Buchsenplatte. Eine Isolierplatte wird mit einem 4-mm-Bohrer durchbohrt. Abstand der Löcher 1 cm, der Lochreihen 2 cm. Zur Befestigung der Kontaktfedern (3—5 mm breite Streifchen aus dünnem Kupfer- oder Messingblech, Federn von alten Fernsprechkontakten od. ä.) fertigt man sich Isolierstoffleisten an. Zwischen diese werden die Federn geklemmt. Um ein seitliches Verschieben zu verhindern, werden in den beiden äußeren Leisten (b in Bild 3) die gezeichneten Kerben eingefeilt. Vor dem Zusammenschrauben oder Zusammennieten verklebt man die Teile mit einem isolierenden Klebstoff, wie z. B. Kohesan. Die Stöpsel kann man aus 4-mm-Messingdraht herstellen oder Bananenstecker verwenden.

Wer das Gerät einfacher und schneller herstellen will, führt sämtliche Spannungen an eine Buchsenleiste. Die acht zu den Sockeln führenden Leitungen werden mit Bananensteckern versehen. Zur Hauptprüfung werden die nötigen Verbindungen, wie bei einem Klappenschrank hergestellt. Will man in einer Leitung den Strom messen, so läßt man die Verbindung über ein umsteckbares Meßinstrument gehen. Um die Vorprüfung durchführen zu können, legt man an zwei Buchsen eine unter Spannung stehende Glimmlampe. Durch Umstecken kann man die einzelnen Elektrodenpaare prüfen.

### Bestimmung der Eichwerte.

Die Prüfwerte ($U_H$, $U_a$, $U_{sg}$, $-U_g$, $I_a$) entnimmt man aus Röhrenkennlinien oder aus Röhrentabellen. Die Stellungen der Umschaltstifte folgt aus dem Sockelschaltbild. Bei Röhren mit zwei Systemen wird zuerst das eine und dann das andere geprüft. Dazu sind zwei Karten anzulegen. Röhren mit mehr als drei Gittern werden ebenfalls mit zwei Karten geprüft, da man sie ja als zwei übereinander gebaute Systeme auffassen kann (siehe Bild 4). Gleichrichterröhren werden an Wechselspannung gelegt. Die Spannung ist gegenüber dem Betriebswert so weit herabzusetzen — die Röhre ist ja kurzgeschlossen —, daß der Anoden-Nennstrom fließt. Zur Diodenprüfung wird ein Widerstand — durch Stecken des Stöpsels D — vorgeschaltet.

### Sonstige Verwendungsmöglichkeiten.

An den Buchsen A und + mA ist das Gerät als mA-Meter zu verwenden. An den Buchsen A und K können durch Strom- und Spannungsmessung Widerstände von 120 Ohm bis 5 Megohm gemessen werden. Mit der kleinsten Spannung und dem größten Strombereich beginnen, um das Meßinstrument nicht zu überlasten. Kleinere Widerstände als 120 Ohm führen zur Ueberlastung. Zur Verwendung als Voltmeter stellt man den Bereich 2 mA ein und schaltet noch einen Vorwiderstand (500 Ohm/Volt) vor. Ohne Vorwiderstand ist der Meßbereich 100 mV. Zur Messung von Wechselspannungen kann der Meßgleichrichter verwendet werden, doch wäre dazu eine fünfte Schalterstellung und der Einbau von Vorwiderständen erforderlich. An den Buchsen O und K kann die unter Spannung stehende Glimmlampenreihe zur Durchgangsprüfung (Kondensatorenprüfung) verwendet werden. Der Stöpsel = oder ~ ist zu setzen je nachdem man mit Gleich- oder Wechselstrom prüfen will. Das Gerät ist auf Vorprüfung zu schalten. Die Verwendung als Röhrenvoltmeter und Netzanschlußgerät wurde schon besprochen.

Die im Schema angegebenen Werte für Meßinstrument, Widerstände usw. stellen nur **eine** Ausführungsmöglichkeit dar. Wer andere Teile hat und die dazu passenden Vorwiderstände usw. berechnet haben will, wende sich an den Fragekasten „das elektron".

# Selbstbau eines Regelwiderstandes

Beim Experimentieren mit starken und schwachen Strömen wird oft ein Regelwiderstand benötigt, der es ermöglicht, Ströme auf das jeweils gewünschte Maß einzustellen. So findet ein solcher z. B. Verwendung bei Elektromotoren, die mit verschiedener Umdrehungszahl arbeiten sollen (Gleichstrommotoren). Ist die Belastbarkeit des Rheostaten (Regelwiderstandes) genügend groß, so kann er auch als Spannungsteiler verwendet werden und er ermöglicht uns Teilspannungen aus dem Wechsel- oder Gleichstromnetz zu entnehmen.

Abbildung 1 zeigt das Prinzipschema unseres Regelwiderstandes. Eine Drahtwicklung aus Widerstandsmaterial (Eisen- oder Konstantandraht) ist mit ihren beiden Enden mit den Anschlußklemmen K 1 und K 2 verbunden. Ueber die Wicklung ist längs der Metallschiene S ein federnder Gleitkontakt verschiebbar angeordnet, der die blankgeschabten Windungen der Drahtspule berührt und das in die Strombahn eingeschaltete Stück der Widerstandswicklung zu verkürzen oder zu verlängern gestattet. Die Schiene selbst ist mit der Wicklung K 3 verbunden.

Bevor wir mit der Beschreibung der Konstruktion unseres Rheostaten beginnen, soll durch ein einfaches Beispiel die Dimensionierung von Widerständen erläutert werden:

Ein Elektromagnet, dessen Drahtwicklung einen Widerstand von 50 Ohm und eine Belastbarkeit von 1,5 Ampere besitzt, soll aus einem 110-Volt-Gleichstromnetz betrieben werden. Der Spannungsabfall Uv im Magnet ist bei 50 Ohm Widerstand (R) und bei einer Stromstärke (I) von 1,5 Ampere nach dem Ohmschen Gesetz $U = I \cdot R = 1{,}5 \cdot 50 = 75$ Volt. Der Spannungsabfall am Widerstand muß also $110 - 75 = 35$ Volt betragen. Dies ergibt einen Widerstand von

$$R = \frac{U}{J} = \frac{35}{1{,}5} = 23{,}33 = 23^1/_3 \text{ Ohm.}$$

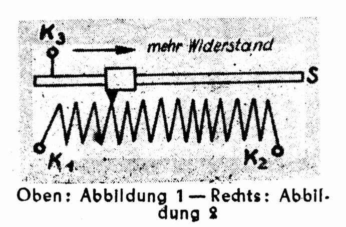
Um die Stromstärke im Magneten regeln zu können, brauchen wir also einen Widerstand, der auf jeden Fall einen größeren Anfangswert als 23,33 Ohm hat. Wollen wir z. B. den Strom von 1,5 Ampere auf 0,75 Ampere herabsetzen, so muß der Widerstand folgenden Wert haben:

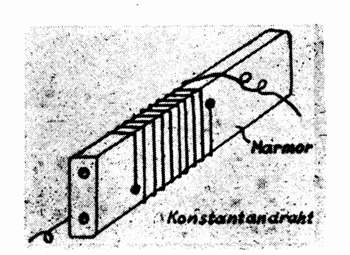
$$R = \frac{110}{0{,}75} = 146{,}66 = 146\,^2/_3 \text{ Ohm.}$$

Da der Magnet selbst einen Widerstand von 50 Ohm hat, bleiben für den Widerstand selbst nur 146,66 — 50 = 93,66 Ohm über. Der gesamte Widerstand muß selbstverständlich mit 1,5 Ampere belastbar sein.

Es wird uns jetzt nicht schwer fallen, diesem Beispiel entsprechend, an Hand der u. a. Tabelle für verschiedene Widerstandswerte und Belastungsströme, jeden erforderlichen Widerstand selbst zu berechnen.

| Drahtdurchmesser *mm* | Drahtquerschnitt *mm²* | Widerstand pro 1 *m* in Ohm | Maxim. Belastung in Ampere | Gewicht pro *m* in Gramm |
|---|---|---|---|---|
| 0,08 | 0,0050 | 98 | 0,05 | 0,045 |
| 0,10 | 0,0079 | 62 | 0,10 | 0,070 |
| 0,15 | 0,0177 | 27,7 | 0,30 | 0,158 |
| 0,20 | 0,0314 | 15,6 | 0,50 | 0,280 |
| 0,30 | 0,0707 | 6,95 | 0,70 | 0,630 |
| 0,40 | 0,1260 | 3,89 | 1,20 | 1,130 |
| 0,50 | 0,1960 | 2,50 | 2,00 | 1,750 |
| 0,60 | 0,2830 | 1,73 | 3,00 | 2,520 |
| 0,70 | 0,3850 | 1,27 | 3,50 | 3,430 |
| 0,80 | 0,5030 | 0,975 | 4,00 | 4,480 |
| 0,90 | 0,6360 | 0,770 | 5,50 | 5,670 |
| 1,00 | 0,7850 | 0,625 | 6,50 | 7,070 |
| 1,20 | 1,1310 | 0,443 | 8,50 | 10,980 |
| 1,50 | 1,7670 | 0,277 | 12,00 | 15,750 |



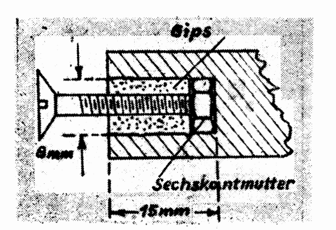

Oben: Abbildung 1 — Rechts: Abbildung 2

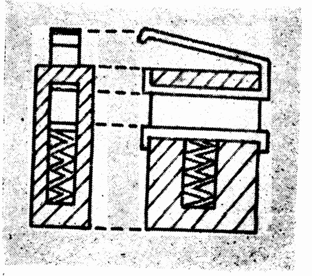
Aber nun zum eigentlichen Bau des Widerstandes. Der mit Draht zu bewickelnde Widerstandskörper (Abbildung 2) muß aus einem temperaturbeständigen Material hergestellt werden, da Temperaturen bis zu 80 Grad Celsius auftreten. Ein billiger Werkstoff ist Marmor. (Schmale Marmorstreifen oder größere Bruchstücke von Schalttafeln.) Mit einer Eisensäge bringen wir die Marmorstreifen auf die gewünschte Größe und bearbeiten sie an den Kanten mit einer Eisenfeile. In die Stirnflächen bohren wir nun (Abb. 2) auf beiden Seiten mit einem Spiralbohrer je zwei 15 mm tiefe, 6 mm weite Löcher ein, in die später nach Abbildung 3 Sechskantmuttern eingegipst werden.

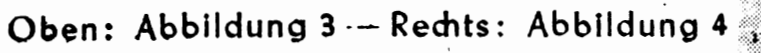
Bei der Bewicklung des Widerstandsträgers ist folgendermaßen zu verfahren: Der Anfang des Drahtes wird durch ein seitlich eingebohrtes Loch nach der anderen Seite geführt, hierauf werden 2—3 Windungen aufgewickelt und diese an mehreren Stellen miteinander verlötet. Von hier ab können wir bei Verwendung von oxydiertem Konstantandraht Windung an Windung aufwickeln. Bei Verwendung von Eisendraht muß zwischen den Windungen ein schmaler Zwischenraum bleiben. Um nachträgliches Verrutschen der Wicklung zu verhindern, müssen wir in diesem Falle die Kante des Marmorstreifens mit der Feile vorher gut aufrauhen. Die letzten Windungen löten wir wiederum zusammen und ziehen dann das Ende durch eine zweite Bohrung auf der anderen Seite heraus.

Zum Bau der Gleitschiene brauchen wir ein Stück Profil-Messing mit einem Querschnitt von 6×6 mm. Das Stäbchen wird auf die richtige Länge geschnitten (35 mm länger als der Widerstandskörper) und dann auf beiden Seiten, 7,5 mm von den Enden entfernt, mit je einer versenkten Bohrung von 4 mm Weite versehen.

Zur Herstellung des Kontaktschiebers brauchen wir ein Hartgummiklötzchen von der Größe 30×25×15 mm. Dieses Stück wird nach Abbildung 4 mit einer 6 mm weiten Längsbohrung versehen, die wir mit der Feile vierkantig (6.8 mm) ausarbeiten. Senkrecht dazu bohren wir von oben ein 10 mm weites Loch ein, dessen Ende bis zur Unterkante der viereckigen Aussparung gehen soll. In diese Bohrung kommt später eine 9,5 mm weite, 20 mm lange Spiralfeder, die wir aus einem 1,2 mm starken Draht (Stahldraht) selbst wendeln oder vom Mechaniker auf der Drehbank herstellen lassen.




Oben: Abbildung 3 — Rechts: Abbildung 4

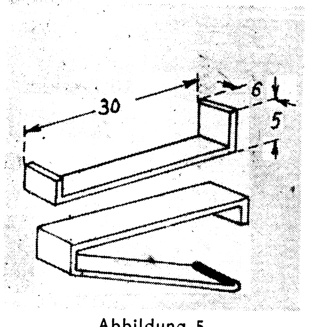
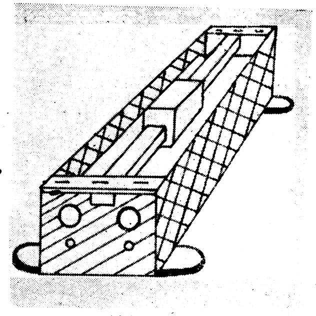


Abbildung 5


Abbildung 6

Die obere Oeffnung des Loches wird durch einen passenden Hartgummizapfen verschlossen und dieser durch einen seitlichen Splint gesichert.

Aus 1 mm starkem, federndem Bronze- oder Neusilberblech biegen wir (Abbildung 5) zwei Kontaktfedern, die in die vierkantige Durchbohrung des Gleitschiebers passen. Beim Einführen des oberen Stückes (Abb. 4) muß die Spiralfeder in ihr Gehäuse gedrückt werden.

Die Seitenteile des Widerstandes werden nach Abbildung 6 aus zirka 15 mm starkem Hartholz hergestellt. Wir versehen sie, nahe der Oberkante, mit den Steckerbuchsen K 1 bis K 3. In der Abbildung sind die beiden Buchsen K 1 und K 3 sichtbar; K 2 befindet sich auf der anderen Seite.

Zusammengebaut wird der Widerstand, indem man erst die beiden Seitenteile am Widerstandsträger anschraubt. Dann wird der Kontaktschieber auf die Gleitschiene geschoben und diese in die Aussparung der Endplatten eingelegt und festgeschraubt. Die Enden der Drahtwicklung verlöten wir mit den Steckern K 1 und K 2. Von K 3 führt ein kurzes Stück Kupferdraht zur Schiene S. Als Berührungsschutz (siehe Abb. 6) dient eine gelochte Blechverkleidung oder ein festes Drahtgitter.

Vor der Inbetriebnahme unseres selbstgebauten Rheostaten legen wir unter die Feder des Gleit-Schiebers einen schmalen Streifen Schmirgel- oder Glaspapier und fahren nun mit dem Schieber einigemale kräftig hin und her, so daß die Oxydschicht längs der Kontaktbahn der Drahtwicklung entfernt wird.

Soll der Widerstand auch noch als Potentiometer verwendet werden, so ist die Drahtwicklung so zu bemessen, daß sie den Dauerstrom aushält, ohne heiß zu werden oder gar durchzubrennen. Arbeiten wir beispielsweise am 110-Volt-Netz mit einem Widerstand von 50 Ohm, so muß der Rheostat mindestens 110/50 = 2,2 Ampere Dauerstrom ertragen. Für alle anderen Fälle können wir uns den erforderlichen Widerstand sehr leicht selbst berechnen.

(Walter Fetz.)

# Eine einfache Methode zur Berechnung von Netztransformatoren

## Nachfolgende Ausführungen ermöglichen auch weniger geübten Bastlern die Berechnung von Netztransformatoren

Das Problem der Beschaffung von Netztransformatoren ist heute eine der Hauptschwierigkeiten, die beim Bau eines Rundfunkempfängers auftreten. Jeder Bastler hat aber in den meisten Fällen einen Vorrat von alten Transformatoren und Drosseln, die vollkommen andere Werte haben, deren Grundbestandteile man aber gut zur Neuanfertigung von Transformatoren der gewünschten Größe verwenden kann. Mit Hilfe der beiden hier gebrachten Nomogramme kann man leicht und ohne umständliche Rechenarbeit die zum Neuwickeln eines Trafos notwendigen Daten (Eisenquerschnitt, Windungszahlen, Drahtstärken) ermitteln.

Der Berechnungsgang wird am einfachsten an einem Beispiel gezeigt: Gegeben ist z. B. ein Rundfunkempfänger mit der Bestückung

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ACH 1 | Uh | 4 Volt | Jh 1,00 A | Jg + Js | 11 mA |
| AF 7 | Uh | 4 Volt | Jh 0,65 A | (Anodenstrom | 1,3 mA |
| ABC 1 | Uh | 4 Volt | Jh 0,65 A | + Schirmgitter- | 4 mA |
| AL 4 | Uh | 4 Volt | Jh 1,75 A | strom) | 36 mA |
| | | | 4,05 A | | 52,3 mA |
| AZ 1 | Uh | 4 Volt | 1,1 A | | |

Die Heizströme aller Röhren, die aus einer Wicklung gespeist werden, kann man natürlich zusammenzählen. Da die Gleichrichterröhre AZ 1 direkt geheizt ist und ihre Kathode (Heizfaden) den Pluspunkt der ganzen Schaltung darstellt, muß sie selbstverständlich durch eine eigene Wicklung geheizt werden.

### 1. Bestimmung der Leistung.

Zuerst wird die Leistung des Transformators bestimmt. Sie setzt sich zusammen aus der Summe der sekundärseitig angeschlossenen Belastung plus den Eigenverlusten des Transformators. Die Transformatorverluste werden allgemein mit 20% der Summe der angeschlossenen Belastungen angenommen. Die Belastungen ergeben sich aus der Formel N = U . I (siehe auch Elektrokurs für den Anfänger, Heft 3/47), wobei N in Watt, U in Volt und I in Ampere angegeben wird.

In unserem Beispiel ist also die sekundärseitig abgegebene Leistung:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Allgemeine Heizung | 4 V | 4 A | 16 | Watt |
| Gleichrichterheizung | 4 V | 1,1 A | 4,4 | Watt |
| Anoden- plus Schirmgitterleistung | 300 V | 0,06 A | 18 | Watt |
| | | | 38,4 | Watt |
| plus 20% Verluste | | | 7,68 | Watt |
| Primärleistung (Nennleistung) | | | 46.08 | Watt |
| abgerundet | | | 47 | Watt |

Da bei der Doppelweggleichrichtung immer nur eine Wicklungshälfte der 2×300 - Volt - Wicklung von Strom durchflossen wird, so sind bei der Berechnung nur 300 Volt (nicht 2×300 = 600 Volt) einzusetzen. Wenn die gegebenen Spannungen und Ströme keine ganzzahligen Werte sind und die Berechnung der einzelnen Teilleistungen nicht so einfach ist, können die einzelnen Multiplikationen auch mit dem Nomogramm I durchgeführt werden. Auf der zweiten Skala (bezeichnet mit J Netz) ist der Stromwert und auf der letzten Skala (bezeichnet mit Uv) der Spannnugswert aufzusuchen. Die beiden so gefundenen Punkte werden verbunden und bis zur ersten Skala verlängert. Es ist nun möglich, auf der ersten Skala die Leistung in Watt abzulesen.

### 2. Bestimmung des Eisenquerschnittes.

Der Eisenquerschnitt kann auf der ersten Skala gegenüber der berechneten Leistung direkt abgelesen werden. Im Beispiel ist für eine Leistung von 47 Watt ein Eisenquerschnitt (Kernquerschnitt, Querschnitt des Mittelschenkels = Stegblechbreite × Blechpaketdicke) von 9,5 cm² erforderlich. Aus dem zur Verfügung stehenden Material wählen wir nun etwas passendes aus. Angenommen, der Eisenquerschnitt des vorhandenen Blechpaketes beträgt 11 cm², so müssen wir mit diesem Querschnitt weiterrechnen.

### 3. Bestimmung der Windungszahlen.

Aus der Spannung, die die Wicklung **abgeben** soll, und aus dem Eisenquerschnitt können mit Hilfe der ersten, dritten und letzten Skala des Nomogrammes I die Windungszahlen der einzelnen Wicklungen bestimmt werden. Der Spannungsabfall in der Wicklung (5 %) wird dabei schon berücksichtigt. Da sich aber der Spannungsabfall bei der Primär- und Sekundärwicklung entgegengesetzt auswirkt, ist die dritte Skala doppelt geteilt. Dies ist leicht verständlich, wenn wir uns überlegen, daß durch den Spannungsabfall in der Primärwicklung die angelegte Spannung (Primärspannung) herabgesetzt wird. Es muß also, um die in der Sekundärspule induzierte Spannung gleichzuhalten, die Primärwicklung weniger Windungen erhalten.

In der Sekundärwicklung ist es umgekehrt. Durch den Spannungsabfall in dieser Wicklung geht die abgegebene Spannung zurück und um dies auszugleichen, muß die Anzahl der sekundären Windungen vermehrt werden.

Zum Gebrauch unseres Nomogrammes ist zu bemerken, daß auf der mit **primär** bezeichneten Seite die Wicklungszahlen für die Wicklungen abzulesen sind, denen Leistung zugeführt wird, das sind also die verschiedenen Netzwicklungen. Auf der mit **sekundär** bezeichneten Seite sind die Windungszahlen für die Wicklungen abzulesen, die Leistung abgeben.

Man verbindet nun den Punkt des gewählten Eisenquerschnittes (11 cm²) mit dem Punkt der gewünschten Spannung und kann dann auf der entsprechenden Skalenseite die Windungszahlen ablesen. Für die 110-Volt-Netzwicklung ist die Verbindung im Nomogramm I eingezeichnet. Für das Beispiel ergibt sich:

4-Volt-Heizwicklung: 16 Windungen
2×300-Volt-Wicklung: 2×1200 Windungen
110-Volt-Netzwicklung: 400 Windungen.

Für den 220-Volt-Anschluß sind dazu nochmals 400 Windungen zu schalten.

### 4. Bestimmung der Ströme.

Zur Berechnung der Drahtstärken ist die Kenntnis der durchfließenden Ströme erforderlich. Die Ströme der Sekundärwicklung sind gegeben.

Da in einer Hälfte der Anodenspannungswicklung der Strom immer nur während einer halben Periode fließt, setzen wir zur Berechnung der Drahtstärken nur den halben Strom (30 mA) ein. Die Größe des Primärstromes erhalten wir aus den Skalen 1, 2 und 4 des Nomogrammes I. In unserem Beispiel ergibt sich:

| | | |
|---|---|---|
| Allgemeine Heizwicklung | 4 | A |
| Gleichrichter-Heizung | 1,1 | A |
| Anodenwicklung | 0,06 | A |
| 110-Volt-Netzwicklung | 0,43 | A |
| 220-Volt-Zusatzwicklung | 0,22 | A |

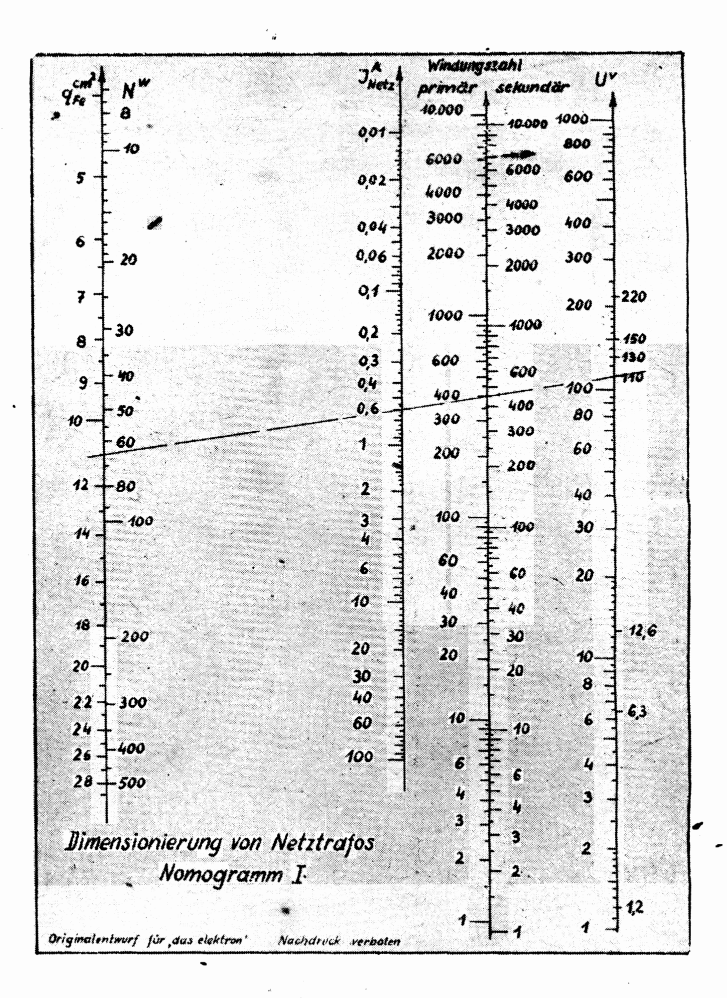
### 5. Bestimmung der Drahtstärken.

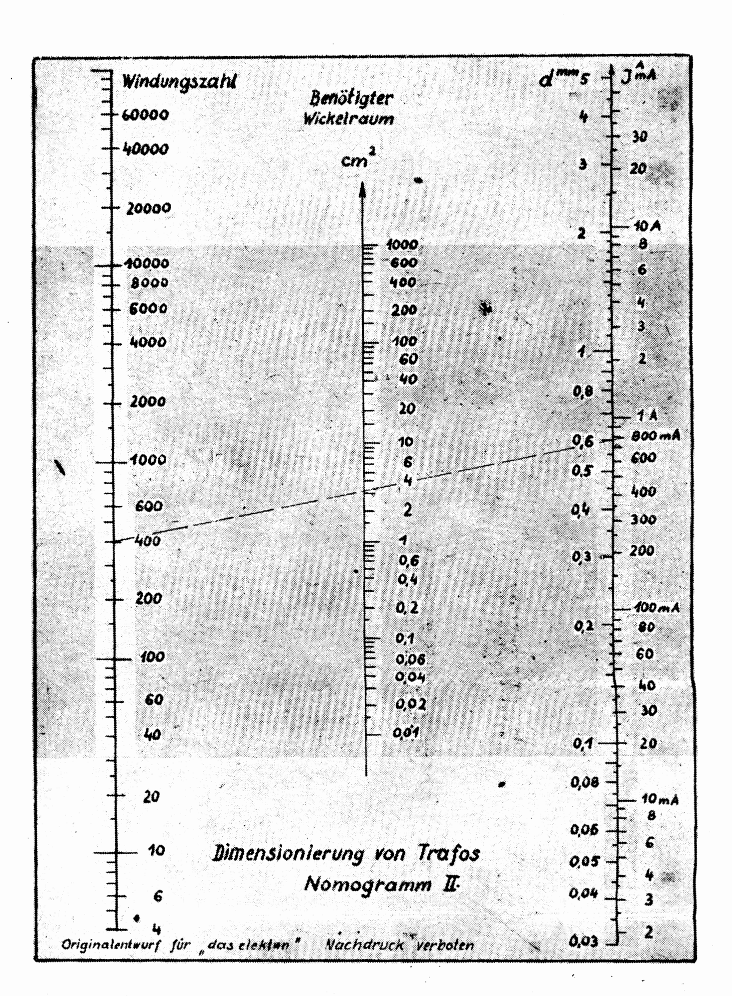
Aus der letzten Skala des Nomogrammes II können die Drahtdurchmesser entsprechend den Belastungsströmen abgelesen werden. Man verwendet den nächsthöheren Normdurchmesser oder die nächsthöhere vorhandene Drahtstärke. Es ist auch möglich, wenn man kein passendes Material zur Verfügung hat, einen schwächeren Draht doppelt zu nehmen. Beim Wickeln ist darauf zu achten, daß parallelgeschaltete Wicklungen **genau die gleiche Windungszahl** haben, da sich sonst Ausgleichsströme ergeben. — Beispiel:

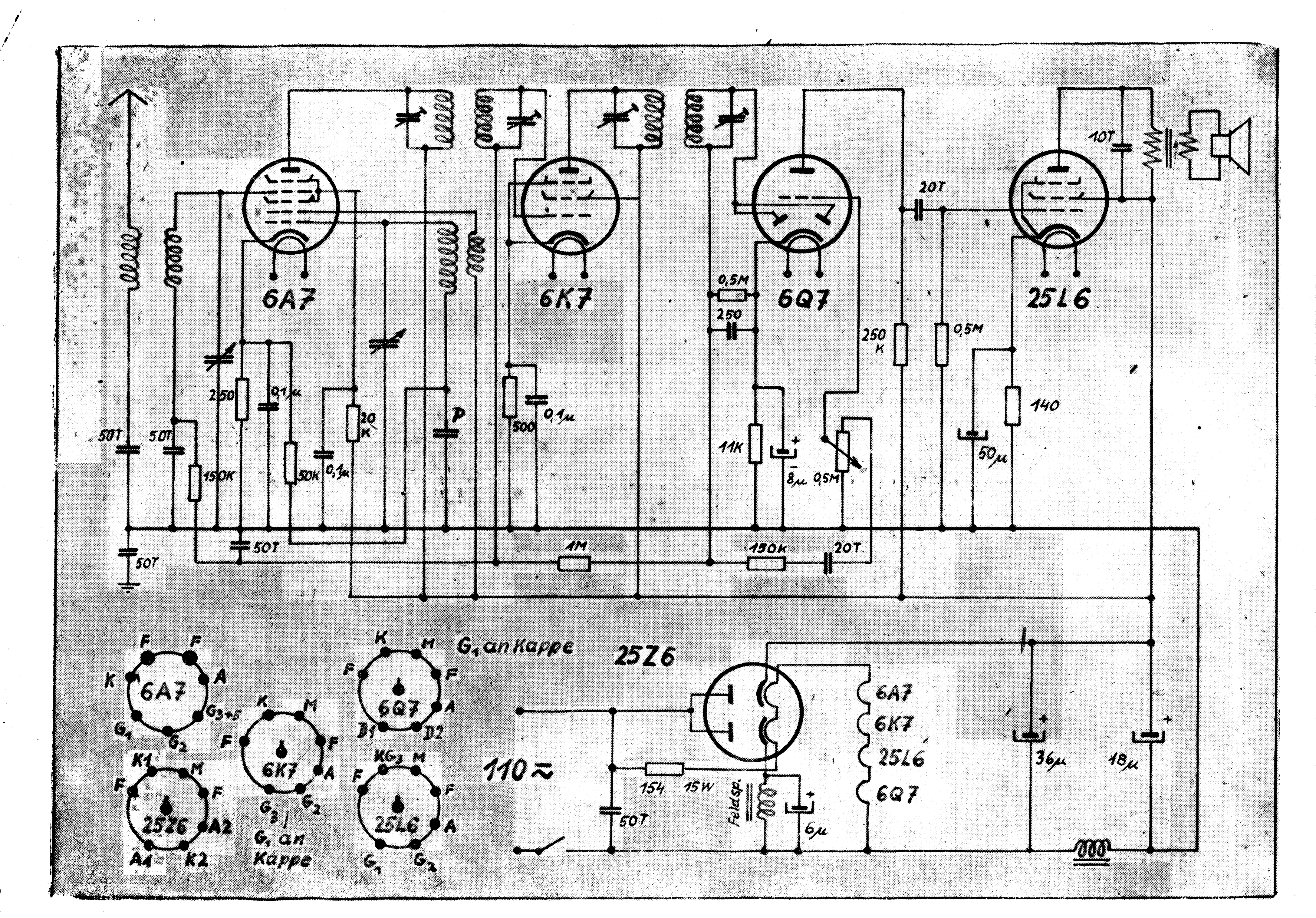
| | | | |
|---|---|---|---|
| Allgem. Heizwicklung | 4 A | 1,4 mm | Drahtdurchm. |
| Gleichrichterheizung | 1,1 A | 0,7 mm | „ |
| Anodenwicklung | 60 mA | 0,2 mm | „ |
| Netz 110 Volt | 0,43 A | 0,45 mm | „ |
| Netz 220 Volt | 0,22 A | 0,35 mm | „ |

### 6. Bestimmung des Platzbedarfes der Wicklungen.

Als letzter Schritt der Transformatorenberechnung muß nur noch nachgeprüft werden, ob die Wicklungen auch im Fenster genügend Platz haben. Aus Windungszahl und Drahtdurchmesser läßt sich mit Hilfe des Nomogrammes II der Platzbedarf für jede einzelne Wicklung bestimmen. (Im Nomogramm II ist als Beispiel für eine Windungszahl von 400 und 0,6 mm Draht der benötigte Wickelraum 4,1 cm².) Die Isolation der Drähte und die üblichen Zwischenlagen sind dabei durch einen Füllfaktor von 0,35 schon mitberücksichtigt.




6A7
6K7
6Q7
25L6
25Z6
50T
150K
250
0,1μ
50K
20 K
P
500
0,5M
11K
8μ
250 K
140
50μ
20T
10T
1M
150K
G1 an Kappe
G3 / G1 an Kappe
110~
154
15W
Feldsp.
6μ
36μ
18μ
K
F
A
G3+5
G1
G2
M
D1
D2
K1
A1
A2
K2
KG3

# KLEINSTSUPER

*EINE ARTIKELSERIE MIT SCHALTUNGEN UND REPARATURRATSCHLÄGEN DER WICHTIGSTEN IM GEBRAUCH BEFINDLICHEN KLEINSTSUPER*

## EIN TYPISCHER AMERIKANISCHER KLEINSTEMPFÄNGER

Nebenstehendes Schaltbild zeigt die Standardschaltung eines amerikanischen Kleinstsupers und kann, wenn man von kleinen Abweichungen absieht, als Unterlage für unzählige amerikanische und andere ausländische Kleinstempfänger verwendet werden.

Die Röhre 6 A 7 dient als Eingangs-(HF-)Stufe, Oszillator und Mischteil. Die 6 K 7 wird als Zwischenfrequenzverstärker verwendet. Als Demodulator und Niederfrequenzverstärker ist eine 6 Q 7, als Endröhre die 25 L 6 verwendet.

An der Stromversorgung ist bemerkenswert, daß die Anodenspannung den einzelnen Röhren ohne zusätzliche Säuberung in den einzelnen Zuleitungen zugeführt wird. Dafür ist allerdings die Säuberung im Netzteil mit 36 und 18 μF um so kräftiger. Da jedoch die amerikanischen Netz-Elektrolyts (die maximale Anodenspannung beträgt nur 110 V) kaum größer als unsere 0.2-μF-Rollblockkondensatoren sind, wird dadurch nicht nur an Preis und Raum gespart, sondern auch eine bessere Uebersichtlichkeit erzielt. Das Netzbrummen bei dieser Schaltung ist nicht größer als bei den heimischen Geräten. Die Röhrenheizfäden (sämtliche für 300 mA) sind in Serie geschaltet. Der Vorwiderstand für die Heizung befindet sich meistens in der Netzanschlußschnur, so daß diese nicht verändert werden darf. Die Schaltung der Lautsprecher-Erregung geht aus dem Schaltbild hervor. Bei Anschluß an 220 V ist ein getrennter Vorwiderstand notwendig.

In der ersten Stufe wird die Oszillatorfrequenz erzeugt und außerdem findet dort auch die Mischung statt. Das erste Gitter arbeitet als Oszillatorgitter, das zweite als Oszillatoranode. Gitter drei und fünf wirken als Schirmgitter. Das vierte Gitter dient als Eingangssteuergitter. Man kann sich die Röhre auch als zwei übereinandergestellte Systeme vorstellen. Die Mischung ist eine multiplikative.

Die Zwischenfrequenz (450 kHz) wird über ein Bandfilter der ZF-Stufe zugeführt und dort weiter verstärkt. Ueber ein zweites Bandfilter ist die Röhre an die Demodulationsstufe angeschlossen. Der sich am Widerstand 0.5 Ohm und dem parallel geschalteten Kondensator bildende niederfrequente Spannungsabfall wird einerseits als Schwundausgleichsspannung den beiden Gittern der ersten beiden Stufen, anderseits über ein Regelpotentiometer (Lautstärkeregelung) dem in derselben Röhre befindlichen Gitter zugeführt. Die Schwundregelung ist also unverzögert. An der normal geschalteten Endstufe ist der Lautsprecher angeschlossen. Klangfarbenregelung ist keine vorgesehen.

Die Werte der einzelnen Widerstände und Kondensatoren können dem Schaltschema, die Daten der einzelnen Röhren der nachfolgenden Zusammenstellung entnommen werden. Weiters enthält das Schaltschema auch die Sockelschaltbilder. Die Sockel sind dabei, wie üblich, von unten her gesehen.

Ein Ersetzen einzelner Röhren durch ähnliche heimische Typen ist, wenn es die Platzverhältnisse bei den meist sehr gedrängt gebauten Empfängern zulassen, leicht möglich. Da der Heizstrom von 300 mA über dem unserer Allstrom-Serien liegt, so muß zum Heizfaden der ersetzten Röhre ein Widerstand parallel geschaltet werden, durch den der restliche Strom fließt. Seine Größe läßt sich aus dem Ohmschen Gesetz $R = U / I$ berechnen. Dabei ist U die Heizspannung der neuen Röhre und I der Betrag, um den der Strom der alten Röhre größer als der der neuen ist. Falls die Widerstandswerte der Kathodenkombinationen allzu weit abweichen, sind diese ebenfalls zu ändern.

Nebenstehend: Schaltschema des amerikanischen Kleinstsupers

**Daten der verwendeten amerikanischen Röhren.**

**6 A 7**

| | |
|---|---|
| Heizspannung: | 6,3 V |
| Heizstrom: | 0,3 A |
| Anodenspannung: | 100 V |
| Anodenstrom: | 1,3 mA |
| Gitterspannung am Steuergitter: | — 1,5 V |
| Anodenstrom des Oszillators: | 3,3 mA |
| Schirmgitterspannung: | 50 V |
| Schirmgitterstrom: | 2,5 mA |
| Mischsteilheit: | 0,35 mA/V |
| Innenwiderstand: | 0,6 M-Ohm |
| Kathodenwiderstand: | 150 Ohm |

**6 K 7**

| | |
|---|---|
| Heizspannung: | 6,3 V |
| Heizstrom: | 0,3 A |
| Anodenspannung: | 90 V |
| Anodenstrom: | 5,4 mA |
| Gitterspannung: | — 3 V |
| Schirmgitterspannung: | 90 V |
| Schirmgitterstrom: | 1,3 mA |
| Steilheit: | 1,3 mA/V |
| Innenwiderstand: | 0,3 M-Ohm |
| Kathodenwiderstand: | 450 Ohm |

**6 Q 7**

| | |
|---|---|
| Heizspannung: | 6,3 V |
| Heizstrom: | 0,3 A |
| Anodenspannung: | 100 V |
| Anodenstrom: | 0,35 mA |
| Gitterspannung: | — 1,5 V |
| Steilheit: | 0,8 mA/V |
| Außenwiderstand: | 250 k-Ohm |
| Kathodenwiderstand: | 7500 Ohm |

**25 L 6**

| | |
|---|---|
| Heizspannung: | 25 V |
| Heizstrom: | 0,3 A |
| Anodenspannung: | 110 V |
| Anodenstrom: | 50 mA |
| Gitterspannung: | — 7,5 V |
| Schirmgitterspannung: | 110 V |
| Schirmgitterstrom: | 4 mA |
| Steilheit: | 8,2 mA/V |
| Innenwiderstand: | 10 k-Ohm |
| Außenwiderstand: | 2000 Ohm |
| Kathodenwiderstand: | 140 Ohm |
| Leistung: | 2,2 Watt |

**25 Z 6**

| | |
|---|---|
| Heizspannung: | 25 Volt |
| Heizstrom: | 0,3 A |
| Anodenspannung: | 2 × 125 V |
| Anodenstrom: | 2 × 85 mA |

# BASTLERRATSCHLÄGE

**Herr Alfred Czarnecki, Wien, I., sandte uns folgende grundlegenden Ausführungen, welche wir allen unseren Bastelfreunden ans Herz legen**

Man baue nie gehorsam und im festen Vertrauen eine gegebene Schaltung nach. Sie soll vielmehr in allen ihren Einzelheiten kritisch überprüft werden. Vor allem überzeuge man sich, ob die Schaltung auch das zu leisten vermag, was man sich von dem fertigen Gerät erwartet. Nur so erspart man sich spätere Enttäuschungen. Ist nun die Schaltung in ihrer Richtigkeit überprüft und kennt man jeden Bauteil, seine Aufgabe und Wirkungsweise, dann beginne man, das Gerät womöglich aus dem Kopf zu schalten; dies gelingt bei kleinen und mittleren Geräten ohne weiteres, bei größeren ist das natürlich nicht mehr so gut möglich, aber eine schwierigere Schaltung erfordert ja auch ein umfangreicheres Studium, so daß auch hier die Schaltskizze nur wenig zur Hand genommen werden muß, so lange man schaltet. Durch diese Methode, die anfangs natürlich schwer zu befolgen ist und einige Mühe erfordert, erlangt man mit der Zeit ein Fachwissen, welches die Mühe belohnt und die Freude an der Arbeit steigert. Der Bastler kennt die Wirkungsweise seines Gerätes genau und kann bei späteren Fehlern diese leichter finden und beheben.

---

**Spannungsgleichhaltung durch Eisen-Wasserstoff-Widerstand.**

Das starke Absinken der Netzspannung (220 V Wechselstrom) habe ich dadurch ausgeglichen, daß ich dem Radioapparat Philips Ws. Super Colorado Eisen-Wasserstoff-Widerstände vorgeschaltet und den Apparat selbst auf 145 V eingestellt habe. In dieser Schaltung nimmt der Apparat gerade 0.4 A auf, so daß zwei parallelgeschaltete Röhren C 2 mit je 0,2 A und einem Regelbereich von 40—80 V in Frage kamen. Diese halten somit bei einer Netzspannung von 185—225 V den Strom im Apparat konstant. Bei Apparaten mit einer anderen Stromaufnahme muß diese durch Parallelschalten von Widerständen auf die Stromstärke der E.-W.-Widerstände gebracht werden. So käme z. B. bei einer Stromstärke von nur 0,35 A ein Parallelwiderstand von $\frac{145}{0,05} = 2900$ Ohm in Betracht.

Durch die Beschaltung mit Widerständen steigt wohl der Stromverbrauch des Radioapparates, andererseits gibt aber der Apparat dadurch wieder guten Empfang und ist gegen ev. Ueberspannungen besser geschützt. Die Röhren, die durch Unterspannung stark leiden, werden weitgehend geschont und ihre Lebensdauer dadurch erhöht. Weiters ist die Herstellung dieses automatischen Spannungsreglers einfach und die Beschaffung der E.-W.-Widerstände nicht allzu schwer.

(Ing. Walter Guntermann.)

---

**Zeitweise unterbrochener Heizfaden.**

Ein häufiger Defekt bei roten Röhren ist eine labile Heizfadenunterbrechung; der Faden zeigt dabei im kalten Zustand normalen Stromdurchgang und wird erst nach dem Anheizen — oft erst nach einer halben Stunde — durch die Wärmeausdehnung der Halterung unterbrochen. Nach neuerlicher Abkühlung schaltet dieser „Temperaturregler" wiederum den Heizkreis ein und das Spiel wiederholt sich in Perioden von einigen Sekunden bis zu halben Stunden. Zur Beseitigung dieses unangenehmen Defektes wird in kaltem Zustand ein an Netzspannung oder (besser!) an 500 Volt aufgeladener Kondensator von etwa 10 Mikrofarad über den Heizfaden entladen. Die Unterbrechungsstelle wird auf diese Weise solid verschweißt, während der gesunde Faden infolge der Kürze des Stromstoßes nicht einmal glühend wird.

heimo.

**Einfache Berechnung von Wickeldaten für HF-Spulen.**

Herr Max Titz übersandte uns nachfolgende einfache Methode zur Berechnung von Hochfrequenzspulen, welche er schon 1937 in Frankreich veröffentlichen konnte.

Wir rechnen nicht wie üblich in kHz, sondern mit der Windungszahl pro Meter Wellenlänge. Eine Luftspule mit Rohrdurchmesser 3 cm ergibt 0,38 Windungen pro Meter Wellenlänge. Suche ich nun z. B. die Windungszahl einer Gitterkreisspule für Mittelwellen und will wie üblich bei herausgedrehtem Drehkondensator mit einer Wellenlänge von 200 m beginnen, so rechne ich einfach $0,38 \times 200 = 76$ Windungen. Diese Spule ergibt mit 500 cm Parallelkapazität naturgemäß einen Wellenbereich von 200—600 m.

Kurzwellenspule: Bereich 19—50 m, $0,38 \times 19 = 7,2$ Windungen. Langwellenspule: Bereich 800—2000 m, $0,38 \times 800 = 304$ Windungen.

Dieselbe Methode läßt sich auch für Oszillator-, Bandfilter-, Drossel- usw. -spulen auf einfachste Art verwenden. Für Rückkopplungs- und Antennenspule kann man Richtwerte nehmen.

**Tabelle der Windungszahlen pro Meter Wellenlänge.**

1. Luftspulen.

| | |
|---|---|
| 25 mm Durchmesser | 0,68 Wdg. / m Wellenlänge |
| 30 mm Durchmesser | 0,38 Wdg. / m Wellenlänge |
| 40 mm Durchmesser | 0,35 Wdg. / m Wellenlänge |

2. Eisenkernspulen.

| | |
|---|---|
| Draloperm-Würfelspule | 0,39 Wdg. / m Wellenlänge |
| Amenalkernspulen | 0,36 Wdg. / m Wellenlänge |
| H-Kernspulen | 0,28 Wdg. / m Wellenlänge |
| Wehrmacht-Topfkernspulen | 0 38 Wdg. / m Wellenlänge |

Das angegebene, ganz einfache Verfahren ermöglicht, mit der gewünschten Genauigkeit alle üblichen HF-Spulen zu berechnen. Es wäre interessant, Näheres über die theoretischen Grundlagen dieser Methode zu erfahren.

# STANNIOLSTREIFEN

## fielen vom Himmel

Ab und zu findet man noch eins der unzähligen Stanniolstreifchen, welche während des Krieges zur Störung des Beobachtungsdienstes abgeworfen wurden. Ein kleines, unscheinbares, nichtiges, zirka 25 cm langes Streifchen und doch brachte es ein kompliziertes, mit allen Raffinessen ausgestattetes, mit 50 Röhren bestücktes Hochfrequenzgerät aus dem Gleichgewicht, tausende von Beobachtern zum Fluchen, einen Stab von Physikern, Ingenieuren und ein paar tausend Mechaniker auf die Beine, die durch Einbau von einigen weiteren Röhren mit den dazugehörigen Bauteilen dem neuen Feind zu Leibe rückten. Dadurch änderten sich Produktionsprogramme; Nachschub und Bedienung wurden schwerer. Alles das wegen eines kleinen, lächerlich kleinen Stückchens Stanniol.

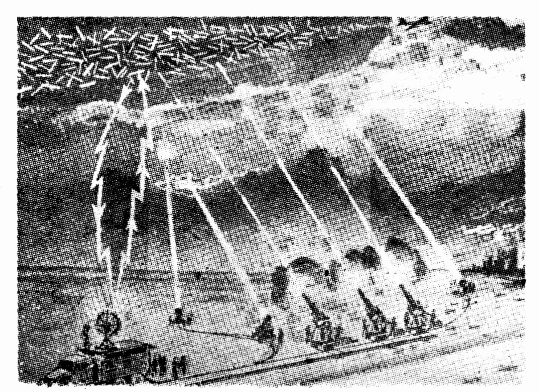
Wie wirkt nun so ein Streifchen? Funkmeßgeräte, zu deren Störung die Streifchen abgeworfen wurden, senden bekanntlich impulsförmig dm-Wellen aus und bestimmen durch Messung der Zeit bis zum Eintreffen des vom Flugzeug reflektierten Echos die Entfernung der Maschine.

Aehnlich wie eine Stimmgabel, auf die ein Ton gleicher Höhe auftrifft, in Resonanzschwingungen gerät und dann selbst den Ton aussendet, kommt auch das Streifchen durch den auftreffenden Wellenzug in Schwingung und wird so zu einem kleinen Störsender. Da es im Takt der Anstrahlungsimpulse schwingt, täuscht es, durch seine Länge auf gute Resonanz abgestimmt, ein großes Ziel vor. Auf den beiden Bildern, die das Beobachtungsrohr eines „Würzburg-Geräts" mit und ohne Düpelstörung zeigen, kann man die starke Wirkung erkennen. (Düpel war die offizielle Bezeichnung für die abgeworfenen Stanniolstreifen.)

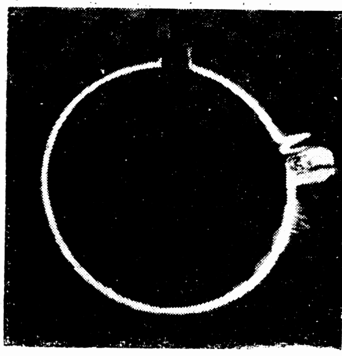
Zwei Verfahren, die als Gegenmaßnahme entwickelt wurden, seien wegen des interessanten physikalischen Grundprinzipes beschrieben. Das „Würzlausverfahren", nach dem hellen, lausartigen Fleck, der das Zeichen der Maschine im Störbild hervorhebt, benannt, beruht auf dem „Doppler-Effekt".

Nach dem nach Doppler benannten Effekt ändert sich die Frequenz der rückgestrahlten Welle entsprechend der Bewegungsgeschwindigkeit. Bei Schallwellen kann man diesen Effekt sehr leicht beobachten. Der pfeifende Ton, der sehr schnell fliegenden Maschinen zu eigen ist, ändert sich sprungartig im Augenblick des Ueberfliegens für den am Boden befindlichen Beobachter. Besonders deutlich kann man dies bei niedrigfliegenden Maschinen beobachten. Die Schallwellen breiten sich beim Anflug mit, beim Abflug entgegen der Fluggeschwindigkeit aus.

Die Reflexionswelle einer bewegten Maschine wird gegenüber der Reflexionswelle der ruhenden oder langsam absinkenden Streifchenwolke einen kleinen Frequenzunterschied aufweisen. Die große Schwierigkeit war, den kleinen Unterschied — man denke an die hohe Frequenz — beobachtbar auszuwerten. Mit einem kleinen Hilfssender, dessen Frequenz ein klein wenig gegen die Sendefrequenz des Gerätes verstimmt ist, ruft man durch direkte Ueberlagerung im Empfang eine Schwebung, entsprechend der Verstimmung, hervor. Diese Schwebung verwischt das Bild aller Zeichen am Beobachtungsrohr. Bei Zeichen, die von der bewegten Maschine zurückkommen, ist zufolge des Doppler-Effektes der Frequenzunterschied und damit die Schwebungsfrequenz größer. Dadurch erscheinen diese Zeichen heller. Im verwaschenen, durch Dübbel gestörten Beobachtungsbild erscheinen entsprechend den angemessenen Flugzielen helle Flecken, die diesem Verfahren

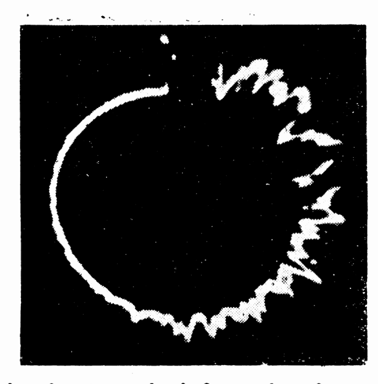


Das Bild zeigt uns den mit herabgleitenden Stanniolstreifen bedeckten Himmel. Ein Zielen der Flak-Batterien mittels des nebenstehenden Funkmeß- (Radar-) gerätes ist unmöglich



**Das Funkmeßgerät zeigt ein Ziel**

Der auf der Braunschen Röhre sichtbare Kreis ist die, durch zwei um 90 Grade in der Phase verschobene amplitudengleiche Sinusspannungen, gezeichnete Zeitlinie. Die Kreisunterbrechung wurde durch den Mutterzacken (direkt durch den eigenen Impuls) verursacht. Die Ablenkungen in ca. 80 Grad rühren vom reflektierenden Ziel her. Der Abstand zwischen Mutterzacken und Tochterzacken (so wird die vom Ziel verursachte Ablenkung genannt) ist ein Maß für die Entfernung



**Funkmeßgerät ist durch Stanniolstreifen gestört**

Die am Himmel schwebenden unzähligen Stanniolstreifen täuschen eine große Anzahl von Luftzielen vor. Die große Anzahl Tochterzacken vereitelt dadurch jedes Zielen

den Namen gaben. Da ein Doppler-Effekt nur auftritt, wenn sich das Ziel gegenüber dem Beobachter bewegt, versagt das Verfahren bei Maschinen, die seitlich am Gerät vorbeifliegen. Beim seitlichen Vorbeiflug ändert sich die Entfernung zum Gerät nicht oder nur in kleinem Maße.

Ein anderes Verfahren mit der Bezeichnung „Nürnberg-Verfahren" vermeidet diesen Nachteil. Durch die umlaufenden Luftschrauben und durch die im gleichen Rhythmus auftretende Vibration der Tragflächen ändert sich ebenfalls die zurückgeworfene Welle. Durch einen

entsprechend gebauten Empfänger wird diese Aenderung hörbar gemacht. Beim Anpeilen der Maschine hört der Beobachter zum Unterschied von der Düpelwolke ein den laufenden Motoren entsprechendes Geräusch. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß die Beobachtung akustisch erfolgt. Eine Kombination beider Verfahren, zu der noch einige das Gerät betreffende Kunstgriffe kamen, ermöglichte trotz Düpelstörung eine Beobachtung.

Zur Störung durch Stanniolstreifchen kam noch die Störung durch in Flugzeuge und Schiffe eingebaute Störsender, die weitere Gegenmaßnahmen erforderlich machten. Wenn durch Gegenmaßnahmen die Beobachtung auch wieder möglich wurde, so erschwerte die Störung doch die Bedienung. Von beiden Seiten wurde aus Geheimhaltungsgründen über dieses Teilkapitel des Hochfrequenzkrieges nichts veröffentlicht.



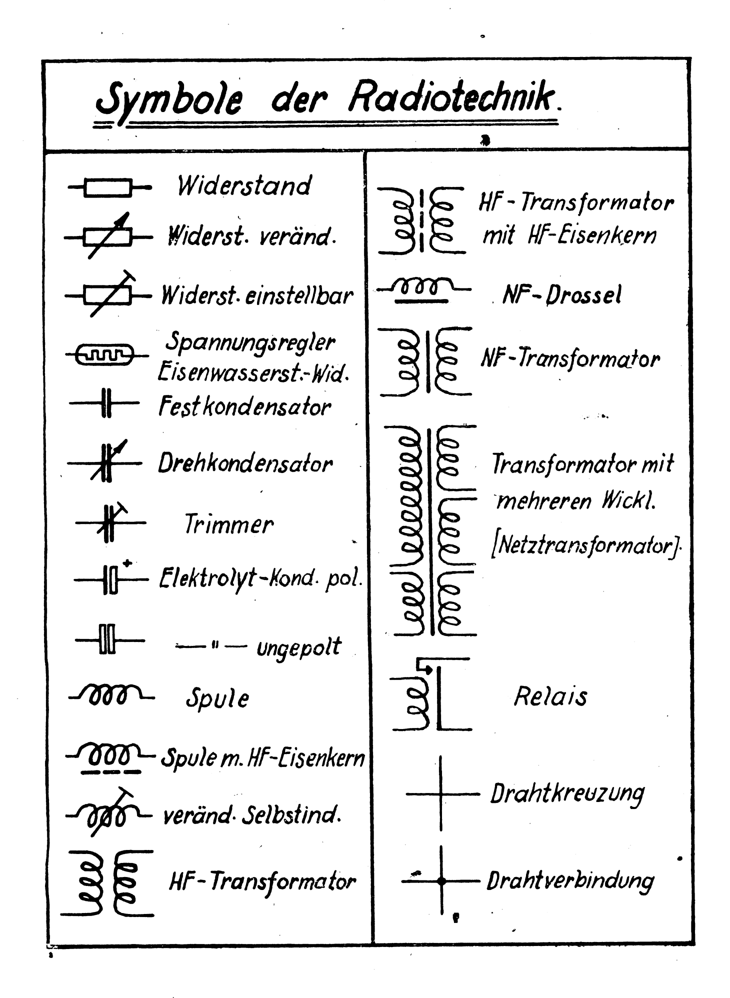
# Schaltzeichen, die „das elektron" verwendet

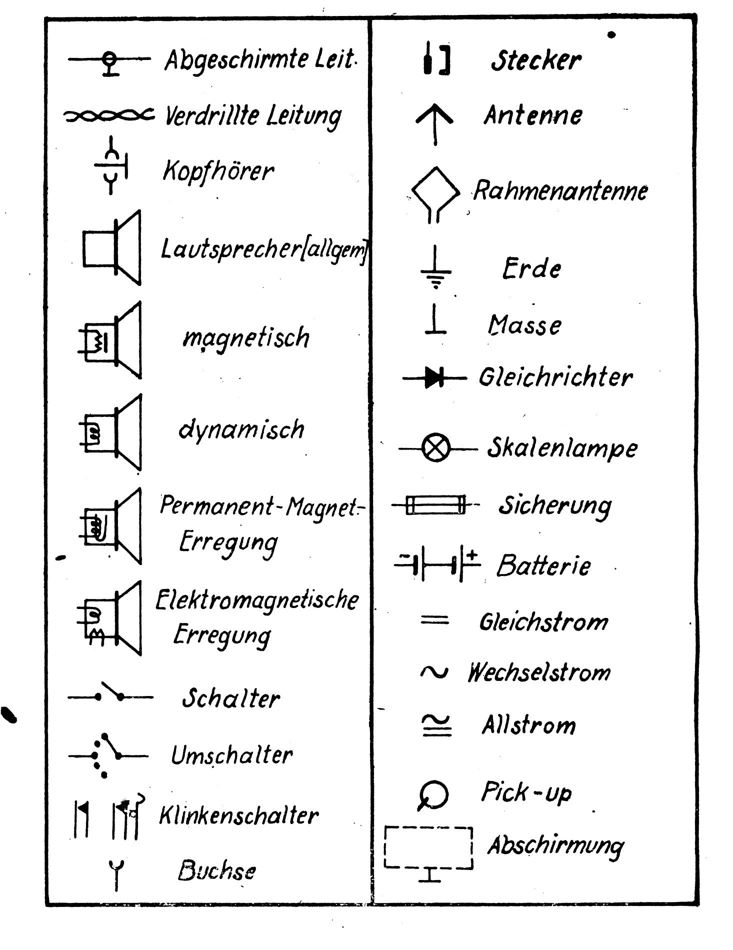
Wir veröffentlichen nachfolgend eine Zusammenstellung der von uns verwendeten Schaltzeichen. Wir werden uns bemühen, in allen unseren Veröffentlichungen ausschließlich die u. a. Schaltzeichen, die der Normung entsprechen, zu gebrauchen.

Um die Schaltskizzen übersichtlich zu gestalten, schreiben wir bei den einzelnen Widerständen immer den Wert in Ohm dazu, ohne das Widerstandszeichen Ω zu setzen.

So bedeutet, wenn neben dem Widerstandssymbol z. B. 200 steht, daß der Widerstand einen Wert von 200 Ohm aufweist. Werden höhere Einheiten verwendet, so schreiben wir k für Kilo, also tausend, und M für Mega, also Millionen. Neben dem Widerstand bedeutet z. B. 200 k einen Wert von 200 Kiloohm und 2 M einen Wert von 2 Megohm.

Bei den Kondensatoren geben wir die Werte immer in pF (Picco-Farad) an. 200 T heißt hier z. B. 200.000 pF. Größere Werte werden in Mikrofarad angegeben und mit µF abgekürzt.



# ELEKTROKURS

## für den Anfänger

4. Fortsetzung.

**„das elektron" stellt allen seinen Lesern, die den „Elektrokurs für Anfänger" durcharbeiten und sich nach Abschluß einer erfolgreichen Prüfung unterziehen, ein diesbezügliches Diplom aus. Nähere Bestimmungen werden nach Abschluß des Kurses, der mit Heft 12/47 beendet wird, veröffentlicht.**

Nachdem wir nun die Begriffe Arbeit und Leistung geklärt haben, dürfen wir es nicht versäumen, uns auch ein gewisses Fingerspitzengefühl für die verwendeten Größen zu erarbeiten. Wenn wir z. B. heute in ein Elektrogeschäft gehen und uns einen elektr. Kocher besorgen, so wird der Verkäufer natürlich in erster Linie nach der verwendeten Spannung fragen. Das ist ja selbstverständlich, denn die Spannung ist ja das Gegebene, ihr muß sich der Verbraucher anpassen. Die Frage des Käufers wird aber (natürlich außer dem Preis) die Größe der aufgenommenen Leistung sein. Diese wird nun, wie wir ja bereits wissen, in Watt angegeben. Die übliche, von elektrischen Kochern aufgenommene Leistung liegt bei den gebräuchlichen Typen um 600 Watt.

So lieber Leser, jetzt wird Sie sicherlich der Preis interessieren, den Sie an das E-Werk zahlen müssen, um eine Stunde lang Ihren Kocher in Betrieb zu halten. Nun, nichts einfacher als dies. Das E-Werk berechnet die abgegebene Arbeit in, wie wir ja ebenfalls schon wissen, kWh (Kilowattstunden). Da der Kocher, wie wir angenommen haben, eine Leistung von 600 Watt aufnimmt, verbraucht er in einer Stunde 600 Watt-Stunden oder 0,6 kWh. Kostet nun z. B. die Kilowattstunde 20 Groschen, so bezahlen wir für das einstündige Anschalten unseres Kochers $20 \times 0{,}6$, das sind rund 12 Groschen. Anschlußwerte anderer Elektrogeräte (je nach Type) sind: Radioapparat ungefähr 60 Watt, Staubsauger ungefähr 120 Watt, Heizofen ungefähr 1000 Watt.

Nun noch eine interessante Erscheinung, die alle unsere „Kursteilnehmer" eigentlich sofort erklären können müssen. Bei Netzen mit kleineren Spannungen (125 Volt) werden Sie sicherlich schon oft bemerkt haben, daß beim Anschalten eines großen Verbrauchers (z. B. elektr. Heizofen) die am gleichen Stromkreis hängenden elektr. Beleuchtungslampen in ihrer Leuchtkraft stark nachlassen. Was mag da die Schuld sein? Nichts einfacher als das. Durch das Anschalten des großen Verbrauchers fließt zusätzlich ein hoher Strom $\left(J = \frac{N}{U}\right)$ der einen Spannungsabfall $J \times R$ auf der Leitung hervorruft. Dieser Spannungsabfall, der oft ganz beträchtliche Werte annehmen kann, verursacht dann das wesentlich schwächere Leuchten der Lampen. Bedenken wir nun, daß bei Netzen mit höherer Spannung der Strom bei gleicher Leistung wesentlich kleiner wird, so haben wir auch gleichzeitig den Grund entdeckt, warum man bei Uebertragungsleitungen auf größere Entfernungen immer höhere Spannungen (bei uns bis 220.000 Volt) bevorzugt.

Eine andere Möglichkeit, den Spannungsabfall klein zu halten, wäre noch die Verminderung des Widerstandes. Wie kann man das nun erreichen und welche Nachteile muß ich dabei wieder in Kauf nehmen?

Verschiedene Materiale haben verschiedene elektrische Widerstände. Das ist eine Tatsache, die uns allen ja schon genügend geläufig ist. So ist z. B. Kupfer ein sehr guter Leiter und Wismut ein schlechter. Um nun die einzelnen Materialien miteinander vergleichen zu können, hat man den Begriff des „Spezifischen elektrischen Widerstandes" eingeführt und in der Technik allgemein mit dem griechischen Buchstaben $\varrho$ (Rho) bezeichnet.

Unter dem spezifischen Widerstand versteht man den Widerstand in Ohm, welchen ein 1 m langes, 1 $mm^2$ starkes Stück eines bestimmten Materials hat. Der spezifische Widerstand ist nun aber stark von der Temperatur des Materials abhängig. Man muß daher, um $\varrho$ genau zu definieren, auch die dafür gültige Temperatur angeben. In unserer nachfolgend gebrachten Tabelle ist diese 15 Grad Celsius (normale Raumtemperatur).

Wenn man nun den sog. spezifischen Widerstand durch 1 dividiert, so erhält man den sogenannten „spezifischen Leitwert", der angibt, wieviel Meter Draht von 1 $mm^2$ Querschnitt man benötigt, um einen ohmschen Widerstandswert von 1 Ohm zu erhalten. Das ist ja auch leicht einzusehen, wenn man folgende Ueberlegung macht: Kupfer hat (laut unserer Tabelle) einen spezifischen Widerstand von 0,0175, d. h. mit anderen Worten, daß 1 m Kupferdraht von 1 $mm^2$ Querschnitt einen Widerstand von 0,0175 Ohm besitzt. Wenn 1 m 0,0175 Ohm hat, dann findet man die Länge in Metern, die 1 Ohm hat, wenn man 1 durch 0,0175 dividiert. Der so gefundene Wert ist aber der o. a. „spezifische Leitwert", der mit dem griechischen Buchstaben $\varkappa$ (Kappa) bezeichnet wird. Aus unserer Rechnung folgt nun, daß 57 m Kupferdraht bei dem genannten Einheitsquerschnitt 1 Ohm Widerstand aufweisen. Wir sehen daraus, daß man sich unter dem „spezifischen Leitwert", da er gebräuchliche Zahlenwerte besitzt, tatsächlich etwas vorstellen kann. So wird uns z. B. gleich der große Nachteil von elektrischen Eisenleitungen klar, wenn wir, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, bei Kupfer 57 m Draht von 1 $mm^2$ Querschnitt benötigen, um 1 Ohm Widerstand zu erhalten, und bei einer gleich starken Eisenleitung schon bei 7,1 m den gleichen Widerstand haben.

$\varrho$ und $\varkappa$ für verschieden feste Leiter bei 15° Celsius:

| Leiter | $\varrho$ | $\varkappa$ |
|---|---|---|
| Aluminium | 0,03 | 33,3 |
| Blei | 0,21 | 4,76 |
| Eisen | 0,1 – 0,14 | 7,14 — 10 |
| Gold | 0,022 | 45,5 |
| Konstantan | 0,49 — 0,51 | 1,96 — 2,04 |
| Leitungskupfer | 0,0175 | 57 |
| Messing | 0,07 — 0,08 | 12,5 — 14,25 |
| Nickel | 0,1 – 0,12 | 8,33 – 10 |
| Nickelin | 0,4 — 0,44 | 2,27 — 2,5 |
| Platin | 0,094 — 0,11 | 9,09 — 10,64 |
| Silber | 0,016 — 0,0175 | 57 — 62,5 |
| Wismut | 1,2 | 0,833 |
| Wolfram | 0,07 | 14,275 |
| Zink | 0,06 | 16,6 |
| Zinn | 0,12 | 8,33 |

Fortsetzung folgt.

# TECHNIK — OHNE ELEKTROTECHNIK

## Die Geschichte des Penicillin

Der Entdecker des Penicillins, Prof. Sir Alexander Fleming sprach am 21. April 1947 vor dem Auditorium maximum der Wiener Universität über „Die Geschichte des Penicillins". Wir bringen im folgenden einen Auszug aus der Rede Professor Flemings.

Oft schon wurde mir von verschiedenen Seiten die Frage gestellt, warum ich das neu entdeckte Heilmittel „Penicillin" nannte. Der Grund ist sehr einfach — es stammt von einer Schimmelpilzgattung, die den Namen Penicillium führt, und deshalb wurde die von ihr produzierte chemische Verbindung, einer alten wissenschaftlichen Tradition folgend, „Penicillin" genannt.

Wir wollen als erstes die Lebensgeschichte dieses Pilzes etwas näher betrachten. Er entsteht aus mikroskopisch kleinen Sporen, die, wenn sie in eine ihnen zusagende Umgebung gelangen, ein dichtes Fadenwerk, die Hyphen, entwickeln. Aus diesem Hyphengeflecht beginnen nach einiger Zeit feine, verzweigte Aestchen nach oben zu wachsen, die an ihren Enden wiederum neue Sporen bilden.

Die Gattung Penicillium ist uns allen vertraut — wir finden ihre Vertreter auf verdorbenen Lebensmitteln. Obwohl sie viele hundert verschiedene Arten umfaßt, haben wir es bei der Gewinnung des Penicillin nur mit einer kleinen Gruppe derselben zu tun, die die Arten chrysogenum und notatum umfaßt.

In den Zeitungen erschienen die verschiedensten Erzählungen über die Entdeckung des Penicillin. Der tatsächliche Vorgang jedoch war folgender: Ich befaßte mich im Jahre 1928 mit dem Studium der Varietäten von Staphylokokken und hiebei war es von Zeit zu Zeit nötig, die Deckel der Kulturschalen, in denen diese Mikro-Organismen gezüchtet werden, zu entfernen. Natürlich entstand hierdurch die Möglichkeit des Eindringens fremder Mikroben in die Kulturen; und hiebei geschah es auch sicherlich, daß eine Penicillium-Spore in eine der Kulturschalen gelangte, wo sie sich sofort zu vermehren begann.

Ein derartiges Eindringen von Schimmelpilzen in eine Bakterienkultur ist dem Bakteriologen nichts Neues — hier aber verschwanden die Staphylokokken rund um die wachsenden Pilzhyphen, als ob sie aufgelöst würden. Diese Erscheinung war mir vollkommen neu und schien einer näheren Untersuchung wert.

Als erstes wurde eine reine Kultur des Pilzes angelegt und als diese eine gewisse Größe erreicht hatte, wurden verschiedene Mikrobenarten auf den Agarnährboden gebracht. Am nächsten Tage zeigte es sich, daß einige der Mikro-Organismen sich ohne weiteres in Richtung auf den Pilz zu vermehrt hatten, während andere nur bis auf etwa 2 cm an ihn herangelangen konnten.

Als nächstes wurde der Pilz auf einem flüssigen Nährboden gezogen, wo er sich auf der Oberfläche ausbreitete und die darunter liegende Flüssigkeit klar ließ. Nach Verlauf einer Woche erwies sich diese Flüssigkeit als stark antiseptisch; wenn man sie in ein Loch in dem Agarnährboden einer Kultur unterbrachte, brachte sie die gleichen Wirkungen hervor, wie der Pilz selbst.

Es zeigte sich also ungefähr der gleiche Effekt, den ich vor Jahren mit Lysozym erreicht hatte, nur mit dem Unterschied, daß die dort betroffenen Mikro-Organismen meist harmloser Natur waren, während es sich hier um zahlreiche bekannte pathogene Arten handelte.

Hieraus resultierte der erste praktische Gebrauch des Penicillin, nämlich, verschiedene Bakterienarten zu Laboratoriumszwecken voneinander zu trennen. Es genügte, auf eine Kulturschicht einige Tropfen Roh-Penicillin zu bringen, um alle für Penicillin sensitiven Mikro-Organismen an der Vermehrung zu hindern. Auf diese Weise war es McLoan und mir möglich, zu beweisen, daß sich hämophile Bazillen vom B-Influenza-Typus dauernd in der Mundhöhle auch des gesunden Menschen finden, und ebenso konnte Bordet's Keuchhustenbazillus mit größerer Leichtigkeit isoliert werden. Ferner war es möglich, durch genaue Dosierung des Roh-Penicillin in einer gemischten Kultur einen weniger empfindlichen Mikro-Organismus von einem sensitiveren zu trennen. So gelang es 1943 Craddock, einer Glukose-Brühe gerade soviel Penicillin zuzusetzen, daß die Staphylokokken zerstört wurden, so daß er eine reine Acne-Bazillen-Kultur erhalten hatte.

Das Penicillin besitzt eine viel größere Diffusionskraft als alle anderen Antiseptica, wie ein einfacher Versuch beweist. Wenn man in eine Agarmasse ein Loch bohrt, in dieses ein mit Roh-Penicillin getränktes Stückchen Filtrierpapier steckt, das Loch mit gewöhnlichem Agar wieder schließt und die Kulturschale sodann mit Staphylokokken impft, so zeigt sich an diesen deutlich die Wirkung des Mittels, was nur möglich ist, wenn es die Tiefe der Agarschicht zu durchdringen vermag. Penicillin ist das einzige Antisepticum, das hiezu in der Lage ist.

Als nächstes wurde die toxische Wirkung auf den menschlichen Organismus erprobt. Ich hatte schon früher nachgewiesen, daß alle anderen Antiseptica auf die weißen Blutkörperchen viel giftiger wirken als auf die Mikroben; Penicillin dagegen zeigte sich nicht giftiger als die Nährflüssigkeit, auf der der Pilz gezogen worden war. Es war die einzige Substanz, die auf Bakterien eine stärkere Wirkung ausübte als auf die weißen Blutkörperchen.

Nun war aber das bisher verwendete Roh-Penicillin eine sehr unbeständige Substanz und mußte, ehe man an die praktische Erprobung herangehen konnte, konzentriert und stabilisiert werden. Ich hatte bei diesen Versuchen keinen Erfolg, weil ich nur als Mikrobiolog in einem bakteriologischen Spitalslaboratorium arbeitete; da mir kein Chemiker als Assistent zur Seite stand, mußte ich die weiteren Experimente einstellen und veröffentlichte im Jahre 1929 die von mir erzielten Resultate.

Kurz darauf gelang es Raistrick, die Pilzkultur in einem synthetischen Medium, das nur einige Mineralsalze und etwas Zucker enthielt, zu züchten und das Penicillin später teilweise zu konzentrieren. Als ihn aber sein bakteriologischer Assistent verließ, konnte er als Chemiker allein nicht weiterarbeiten und wandte sich anderen Problemen zu. Dies war der Grund, warum in der Entwicklung des Penicillin eine Pause von zehn Jahren liegt.

Dann studierten Florey und Chain von der Universität Oxford die Literatur und beschlossen, da sie auf das Penicillin große Hoffnungen setzten, die von Raistrick abgebrochenen Versuche wieder aufzunehmen. Es gelang ihnen, das Roh-Penicillin auf etwa die tausendfache Stärke zu konzentrieren und es durch Trocknung relativ beständig zu machen. In Fortführung meiner Experimente konnten sie nachweisen, daß auch das Konzentrat in keiner Weise toxisch auf den tierischen Organismus oder die weißen Blutkörperchen wirkt. Später stellten sie in einem Mäuseversuch die hohe Heilkraft des neuen Mittels fest: eine Anzahl dieser Tiere wurde mit tödlichen Mikro-Organismen infiziert und die Hälfte mit einigen Milligramm Penicillin behandelt, während die anderen unbehandelt blieben. Die letzteren gingen sämtlich im Verlauf von 17 Stunden ein, während die behandelten alle am Leben blieben. Auch bei Versuchen an Patienten, die an septischen Infektionen litten, zeigte es sich, daß Penicillin das stärkste chemotherapeutische Mittel ist, das wir kennen.

Nun wurde in den Vereinigten Staaten unter der Leitung Floreys die Produktion im großen aufgenommen und die Methoden auf fast allen Gebieten ganz wesentlich verbessert. So war es zum Beispiel möglich, nach Erkennen des chemischen Aufbaues des Penicillin der Nährflüssigkeit Substanzen zuzusetzen, die es dem Pilz erleichtern, das Penicillin-Molekül aufzubauen, woraus ein wesentlich höherer Ertrag an reiner Substanz resultierte. Auch die ursprüngliche Methode, die Pilzkulturen in Flaschen zu ziehen, bedurfte dringend der Verbesserung, da durch die tausende Flaschen in einer Fabrik eine ungeheure Mehrarbeit verursacht wurde. Durch eine Großleistung der Ingenieure gelang es, durchlüftete Tanks von riesigem Fassungsraum zu bauen, in denen der Pilz im großen gezogen werden kann, wodurch sich hauptsächlich die Verbilligung des Präparates ergab. Eine der Hauptschwierigkeiten bestand darin, die Luft völlig zu sterilisieren, da sonst leicht Mikroben in die Kulturen gelangen konnten, von denen manche einen Stoff abscheiden, der Penicillase genannt wird und der das Penicillin ebenso rasch zerstört, wie es produziert wird.

Eine weitere Produktionssteigerung war durch eine weitgehende Verbesserung der Kulturen möglich, die sich durch die Auffindung neuer Abarten des ursprünglichen Pilzes, sowie durch deren Behandlung mit Röntgenstrahlen und ultraviolettem Licht ergab. Heute enthält die rohe Kulturflüssigkeit hundertmal soviel Penicillin als ich seinerzeit zu erzielen vermochte.

Wenn die Pilzkultur die größtmögliche Menge Penicillin erzeugt hat, wird sie aus der Nährflüssigkeit entfernt und aus dieser das Mittel extrahiert und gereinigt. Sobald es in einer hochkonzentrierten Form vorhanden ist, wird es gefroren und in noch gefrorenem Zustand getrocknet und in versiegelte Behälter verpackt. Dies ist deshalb nötig, weil es nur in trockenem Zustande seine Wirksamkeit behält; sobald es Wasser aufnehmen kann, geht diese verloren.

Der erste Patient, den ich selbst mit Penicillin behandelte, litt an einer Meningitis. Nachdem die Sulphonamid-Therapie versagt hatte, lag er im Sterben; als es mir aber gelang, von Florey etwas Penicillin zu erhalten und ich dieses Mittel injizierte, war er nach einer Woche fast gesund. Im Jahre 1945 sah ich in Amerika die erste Patientin, die dort mit Penicillin behandelt worden war. Sie war, ebenfalls nach Versagen der Sulphonamid-Behandlung, mit schwerem Kindbettfieber nicht mehr zu retten; nach der Verabreichung von Penicillin jedoch erholte sie sich zusehends. Als aber — die Produktion war damals noch nicht angelaufen — der Vorrat dieses Mittels erschöpft war, trat ein schwerer Rückfall ein. Es kam nun zu einem wahren Wettlauf zwischen dem Produzenten und den Streptokokken, der glücklicherweise mit dem Sieg des Arztes endete. Heute ist die Frau vollkommen gesund.

Die phänomenale Produktionssteigerung ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß der große Wert des Penecillins während des Krieges entdeckt wurde, in einer Zeit, in der wirtschaftliche Erwägungen keine Rolle spielten. Heute gibt es in manchen Ländern mehr als genug Penicillin, während es in anderen noch fehlt, doch wird die Zeit hoffentlich diesen Mißstand bald ausgleichen.

Es gelang auch, die Reinheit des Penicillin ungeheuer zu steigern. Während man im Jahre 1941, als es das erstemal verwendet wurde, mit nur einer Stärke von einem Prozent arbeiten konnte, enthielt die Lösung 1943 schon 10 Prozent und 1945 etwa 30 Prozent. Vergangenes Jahr standen bereits Präparate mit 70—80 Prozent zur Verfügung und heute befindet sich schon absolut reines Penicillin im Handel. Die Verunreinigungen beeinflußten zwar nicht die Heilkraft, doch irritierten sie mitunter die Augen oder das Gehirn, weshalb die Anwendung um so leichter und erfolgversprechender ist, je reiner das Präparat ist.

Penicillin ist das einzige chemotherapeutische Mittel, das im Organismus keinerlei toxische Wirkungen erzeugt; es ist deshalb praktisch unmöglich, es in zu großen Dosierungen zu verabreichen. Viel eher liegt in zu geringen Gaben eine gewisse Gefahr, da dadurch nicht alle Mikroben abgetötet werden und unter Umständen eine gewisse Resistenz erlangen können, die sich nur sehr langsam wieder verliert. Da solche widerstandsfähig gewordene Bakterien auch auf andere Menschen übertragbar sind, können auf diese Weise Krankheitsfälle entstehen, bei deren Behandlung Penicillin versagt.

Aus vielen Zeitungsmeldungen gewinnt der Laie leicht den Eindruck, daß es sich bei Penicillin um eine Art Wundermittel handelt, das in geringsten Dosen jede Krankheit zu heilen imstande ist. Es ist dies aber keineswegs richtig, denn auf sehr viele Mikro-Organismen hat es keinerlei Einfluß. Hier einige Regeln für die Verwendung von Penicillin:

> Man verwende Penicillin nur gegen solche Mikroben, gegen die es wirklich wirksam ist. — Man verabreiche es so, daß es mit den Krankheitserregern in Kontakt kommen kann. — Man verabreiche es immer in genügend großen Dosen. — Man fahre mit der Behandlung so lange fort, bis alle Mikroben abgetötet sind. — Wenn man sich nicht an diese Regeln hält, können die Ergebnisse sehr enttäuschen.

Die außergewöhnlichen Erfolge des Penicillin bei der Heilbehandlung haben aber auch dazu geführt, daß zahlreiche Wissenschaftler sich der Erforschung der mit den Penicillium-Arten verwandten Organismen zuwandten. So wurden schon zahlreiche chemische Verbindungen entdeckt, von denen sich allerdings die meisten als zu giftig zeigten, um medizinische Verwendung zu finden, doch ist unter ihnen zumindest eine, die noch auf vielfache Weise Anwendung finden wird. Wahrscheinlich werden sich aber aus Hunderten noch nicht untersuchten Pilzarten noch andere neue Mittel gewinnen lassen, von denen vielleicht das eine oder das andere auch eine Bekämpfung der Tuberkulose, die bisher allen Angriffen der Aerzte widerstanden hat, ermöglichen wird.

Derzeit arbeiten die Chemiker daran, das Penicillin auf synthetischem Wege herzustellen; ob es dadurch möglich sein wird, es billiger zu erzeugen, ist noch nicht sicher, doch könnte es auf diesem Wege vielleicht gelingen, eine geringfügige Aenderung im molekularen Aufbau durchzuführen, durch die alle seine guten Eigenschaften erhalten bleiben, die ungünstigen aber beseitigt werden, so, wie es bei den Sulphonamiden der Fall war.

Mit dem Penicillin wurde wissenschaftliches Neuland erobert, und wir können heute noch nicht vorhersagen, welche Vorteile es der Menschheit noch bringen wird. Doch haben wir schon viele seiner Wohltaten kennen gelernt und dürfen immer noch auf neue hoffen. (ACA.)

## Kohle, Oel und Gas —
## die Rohstoffe der Zukunft

Die Standard Oil Development Company, eine bedeutende amerikanische Forschungsgesellschaft, die sich auf flüssige Brennstoffe und verwandte Gebiete spezialisiert, befaßt sich neuerdings intensiv mit Untersuchungen, die die Verarbeitung von Kohle und Naturgas zu flüssigen Brennstoffen zum Gegenstand haben. Das bedeutet natürlich nicht, daß amerikanische Oelfachleute in der nächsten Zukunft eine Verknappung an Oel befürchten, sie sind vielmehr der Meinung, daß die Vereinigten Staaten auch noch in 20 Jahren auf ebenso große Oelbestände werden zurückgreifen können, wie sie heute vorhanden sind. Trotzdem zeigt man sich an der Herstellung von flüssigen Brennstoffen aus Kohle und Gas sehr interessiert, weil die Kosten der Erschließung und Auswertung neuer Oelquellen ständig steigen. Anderseits gibt es in der ganzen Welt in vielen Ländern ungeheure Kohlenvorkommen und auch Naturgas wird vielfach gefunden.

Es ist nunmehr in den Vereinigten Staaten gelungen, synthetisches Benzin aus Naturgas herzustellen, das einen Vergleich mit dem aus Petroleum erzeugten ohne weiteres aushalten kann. Es ist ferner gelungen, Benzinarten zu erzeugen, die bei erhöhter Klopffestigkeit die doppelte Leistungsfähigkeit des Motors ergeben, wodurch die Benzinrechnungen erheblich vermindert werden. Diese neuen Benzinarten werden sich auch für Automotoren mit höherer Kompression, die für die Zukunft zu erwarten sind, gut verwenden lassen, wobei die Kosten nicht höher als der Betrieb der heutigen Motoren mit niedriger Kompression sein dürften.

Es gibt aber darüber hinaus viele neue Artikel des täglichen Lebens, die aus Petroleum und Naturgas hergestellt werden können und tatsächlich in den Vereinigten Staaten bereits produziert werden. So ist es durch die Laboratoriumsarbeit der Standard Oil Development Company gelungen, eine synthetische Seife von hervorragender Qualität zu erzeugen. Es liegt durchaus im Bereich der Möglichkeit, daß in den nächsten Jahren ein Viertel der Seifenproduktion aus Oel oder Naturgas hergestellt wird. Selbst wenn sich die gesamte Seifenerzeugung während der nächsten 50 Jahre nur auf Naturgas stützte, würde dies die amerikanischen Oelvorkommen nicht ernstlich angreifen, nachdem zur Seifenerzeugung nur ungefähr ein Prozent der derzeit bekannten Gasbestände nötig ist.

Ein weiteres Produkt dieser Art ist ein neues Kunstharz, das sich zu dünnem, cellophanartigem Material verarbeiten läßt und zur Verpackung von verderblichen Lebensmitteln hervorragend geeignet ist, da diese darin auch bei wochenlanger Lagerung frisch erhalten bleiben. Der neue Kunststoff verträgt Feuchtigkeit außerordentlich gut und wird sich auch in warmen Gegenden vorteilhaft verwenden lassen. Er übertrifft bei weitem das beste derzeitige Cellophan und macht die kostspielige Lagerung in Kühlräumen überflüssig.

Auch billige, dabei aber sehr wirksame Vernichtungsmittel für Insekten und Schmarotzerpilze werden neuerdings aus Petroleum hergestellt. Fachleute erproben bereits die praktische Verwertbarkeit in großem Umfange auf den Feldern. Das Ergebnis der Versuche wird von großem Interesse sein, da das Mittel mindestens ebenso stark wie Nikotin wirkt, jedoch viel länger anhält und nur einen Bruchteil davon kostet.

## Buchbesprechungen

Dipl.-Ing. Hubert Friedel **„Atomkraft“.** Hoffnung und Sorge unserer Zeit. Wagnersche Univ.-Buchdruckerei, Ges. m. b. H., Innsbruck, Erlerstraße 5—7, 44 Seiten, reich bebildert. Preis 2,50 S.

Dipl.-Ing. Hubert Friedel unternimmt in der uns vorliegenden Broschüre den begrüßenswerten Versuch, in das Dunkel der Atomwissenschaft auch für den Laien Licht zu bringen. Wir glauben, sagen zu können, daß dies dem Verfasser wirklich sehr gut geglückt ist. Die nette Bebilderung erhöht den Wert dieser ausgezeichneten, für die Allgemeinheit geschriebene Broschüre. Wir können diese Buchbesprechung am besten mit den Worten schließen, die der Verfasser am Ende seines Buches schreibt: Und so wollen wir hoffen, daß die Entfesselung der Atomenergie, dieser wahren Himmelskraft, dem Fortschritt aller Völker und dem Wohle der ganzen Menschheit dienen soll.

*

Dr. Benz, Innsbruck:

1. Berechnung von Netzanschlußgeräten,
2. Berechnung von Tonfrequenzübertragern,
3. Röhrentabellen.

Die drei uns vorliegenden Broschüren von Dr. Benz, Innsbruck, die alle der Not der Zeit gehorchend, im Vervielfältigungsverfahren hergestellt wurden, zeigen von der reichen Erfahrung des Verfassers. Sie eignen sich sehr gut für Techniker und Bastler und werden von diesem immer und immer wieder gebraucht.




Herausgeber, Eigentümer und für den Inhalt verantwortlich: Ing. H. Kirnbauer, Urfahr, Reindlstraße 10, Tel. 286. Verleger, Generalvertrieb für das In- und Ausland und Expedit: Hausruckverlag Gustaf Adolf J. Neumann, Linz a. d. Donau, Landstraße 9, genehmigt durch Permit der Militärregierung vom 15. August 1946. Druck: Buch- und Kunstdruckerei Joh. Haas, Wels, Stadtplatz 34 — 1557-47